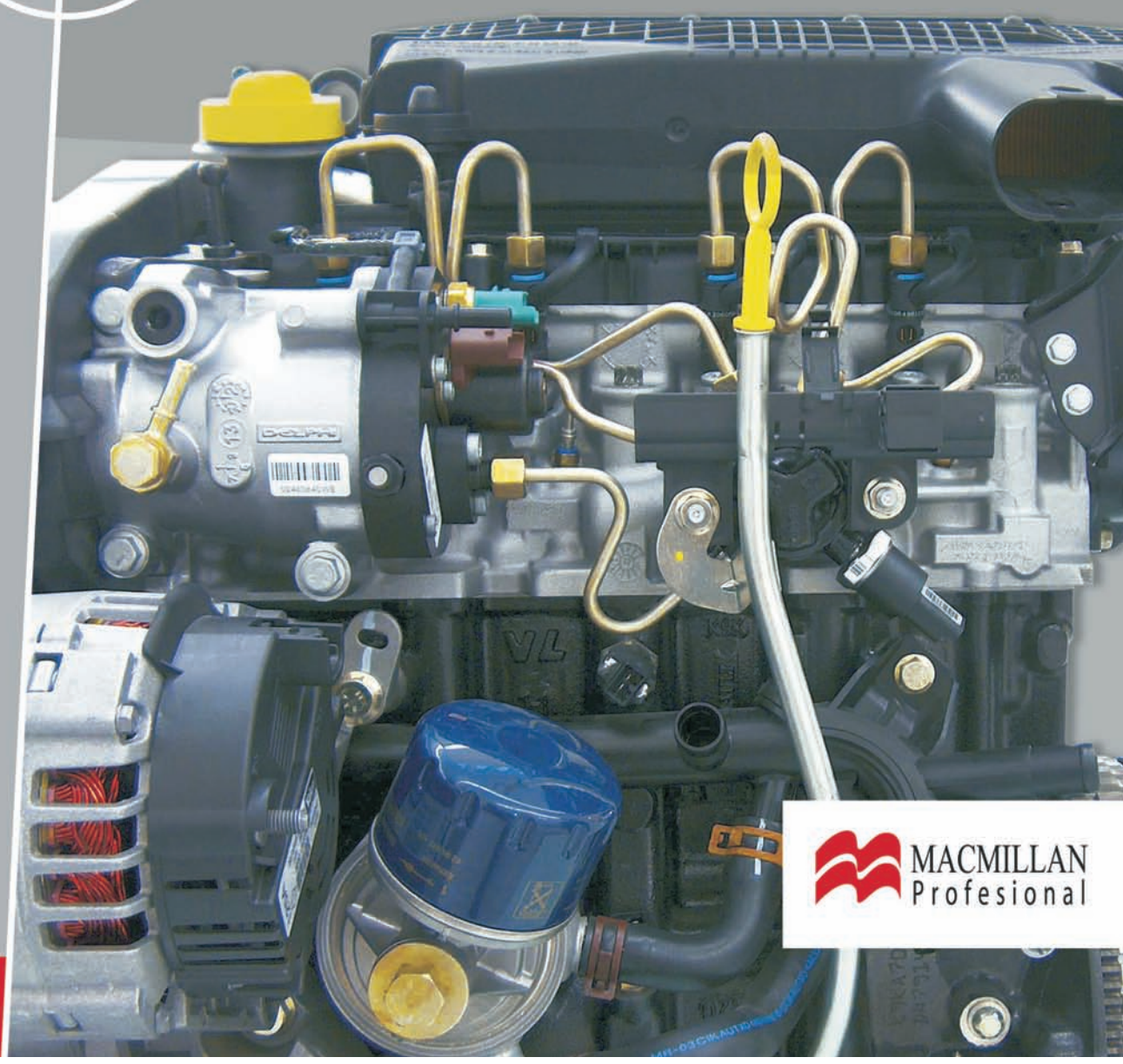
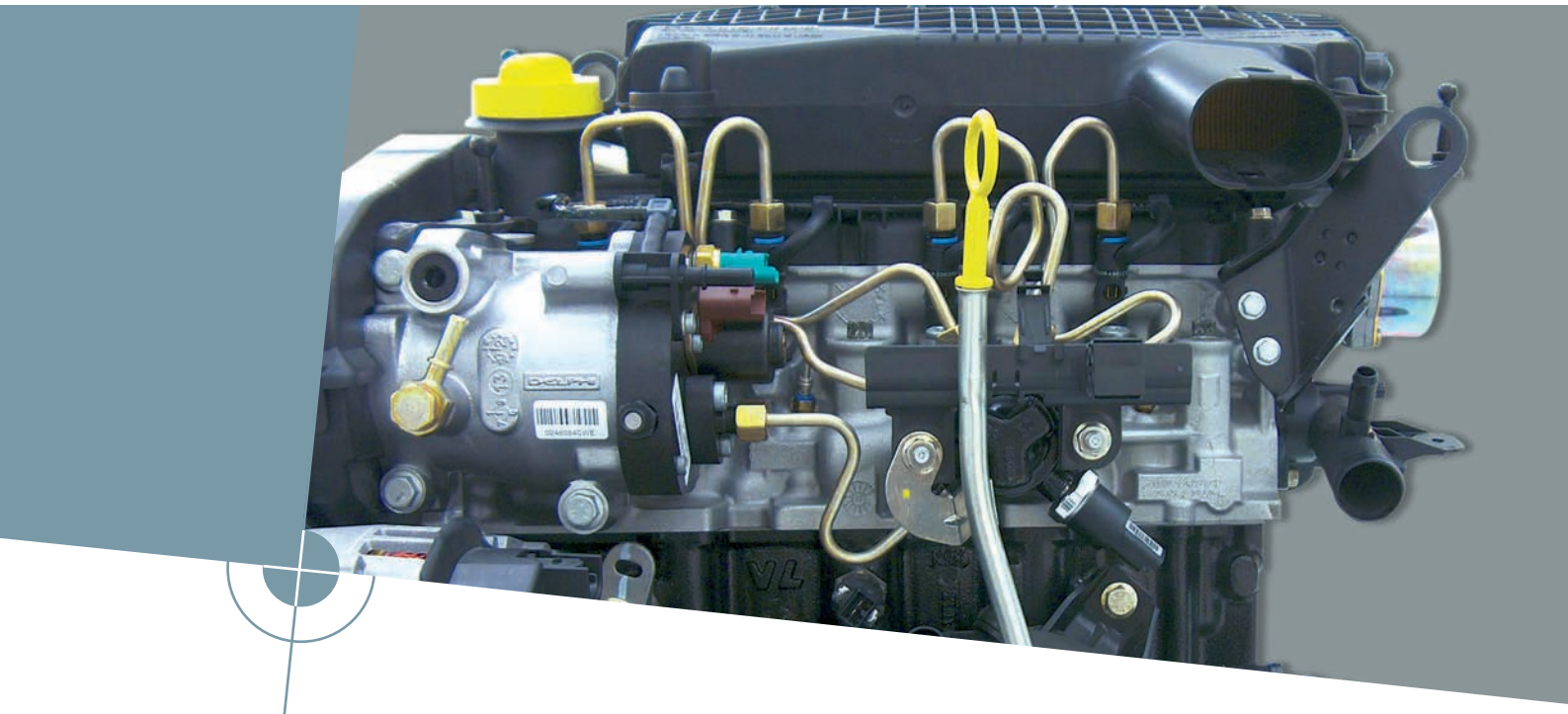
Sistemas Auxiliares del Motor



MACMILLAN Profesional



>> MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS AUTOPROPULSADOS

> Grado Medio: Electromecánica de Vehículos

Sistemas Auxiliares del Motor

MACMILLAN Profesional

Enrique Sánchez

Unidad 1 - Conceptos básicos del encendido. Encendido convencional 6

1 >> Magnetismo y electromagnetismo 7

1.1 > Magnetismo 7

1.2 > Electromagnetismo 8

2 >> Encendido electromecánico convencional 12

2.1 > Batería 12

2.2 > Interruptor de arranque 12

2.3 > Bobina de encendido o transformador de tensión 12

2.4 > Distribuidor 14

2.5 > Condensador 23

2.6 > Sistemas de avance al encendido 23

3 >> Cables de bujías 26

4 >> Bujías 27

4.1 > Constitución de la bujía 27

4.2 > Combustión de la mezcla 27

4.3 > Distancia disruptiva 29

4.4 > El grado térmico y trayectoria del flujo de calor 30

4.5 > Interpretación del código en las bujías 31

4.6 > Tipos de bujías 32

4.7 > Mantenimiento de las bujías 34

5 >> Puesta a punto del encendido 37

Unidad 2 - Encendidos transistorizados. Evolución de los encendidos 44

1 >> Encendido transistorizado con contactos 45

1.1 > Circuito de encendido 45

1.2 > Ventajas e inconvenientes 46

2 >> Encendidos transistorizados sin contactos o con ayuda electrónica 48

2.1 > Encendido transistorizado con generador de impulsos inductivo 49

2.2 > Encendido transistorizado con generador de impulsos efecto hall 54

3 >> Encendido electrónico integral 60

3.1 > Captación del número de revoluciones por generador de impulsos de tipo inductivo 61

3.2 > Captador de depresión 62

3.3 > Interruptor de mariposa 62

3.4 > Sensor de temperatura 62

3.5 > Centralita electrónica 63

3.6 > Captador de picado 64

4 >> Encendido totalmente electrónico. DIS estático 65

4.1 > Estructura del sistema de encendido DIS estático 66

4.2 > Comprobación de bobinas de encendido de distribución estática de alta tensión 68

5 >> Encendido DIS integral 69

Unidad 3 - Sistemas de inyección de gasolina I: mecánica y electromecánica 76

1 >> Preparación de la mezcla: carburación e inyección 77

2 >> Clasificación de los sistemas de inyección de gasolina 78

3 >> Inyección mecánica. K-Jetronic 80

3.1 > Sistema de alimentación de combustible 81

3.2 > Preparación de la mezcla 85

3.3 > Adaptación de la mezcla 90

4 >> Otros procedimientos para la comprobación del sistema 98

4.1 > Pruebas iniciales 98

4.2 > Presiones en el circuito 98

4.3 > Ajuste de las revoluciones a ralentí 99

4.4 > Ajuste del nivel de CO 100

5 >> Inyección mecánica-hidráulica. KE-Jetronic 101

5.1 > Sistema de alimentación de combustible 102

5.2 > Dosificación de combustible 104

Unidad 4 - Sistemas de inyección de gasolina II: electrónicos 116

1 >> Inyección indirecta de gasolina 117

1.1 > Sistemas de inyección electrónicos no combinados 117

1.2 > Sistemas de inyección electrónicos combinados 130

1.3 > Sensores 133

1.4 > Actuadores 155

2 >> Inyección monopunto 163

2.1 > Sistema de alimentación 164

2.2 > Sistema de admisión 166

2.3 > Circuito eléctrico 166

2.4 > Sensores 167

2.5 > Actuadores 168

3 >> Inyección directa de gasolina 169

3.1 > Modos operativos de funcionamiento 169

3.2 > Sistema de combustible, alimentación e inyección 173

Unidad 5 - Anticontaminación 184

1 >> Combustibles 185

1.1 > La gasolina y sus propiedades 185

1.2 > Proceso de combustión en el motor otto 188

1.3 > El gasóleo y sus propiedades 190

2 >> Gases presentes en el escape 193

2.1 > Gases tóxicos 194

2.2 > Gases no tóxicos 195

3 >> Normativa europea anticontaminación 196
3.1 > Normas euro 196
3.2 > Control e interpretación de los gases de escape en vehículos en circulación 198

4 >> Dispositivos para el control de emisiones de escape 200
4.1 > Modificación anticontaminantes en el motor 200
4.2 > Tratamiento de los gases de escape 202
4.3 > Regulación automática de riqueza de mezcla. Sonda lambda 208

5 >> Sistema de ventilación del depósito de combustible 235
6 >> Ventilación del bloque 238
7 >> Filtro de partículas 240
7.1 > Componentes del sistema FAP 241
7.2 > Regeneración del filtro de partículas 243

8 >> Diagnóstico de a bordo europeo (EOBD) 244
8.1 > Componentes EOBD 245
8.2 > Funciones de vigilancia de la UCE 246

Unidad 6 - Sistemas de inyeccion diésel I: bomba lineal 254

1 >> Principio de funcionamiento del motor diésel 255
2 >> Sistemas de inyección diésel 256
2.1 > Inyección directa 257
2.2 > Inyección indirecta 258

3 >> Componentes básicos de un sistema de inyección diésel 259
3.1 > Filtros de combustible 259
3.2 > Inyectores y portainyectores 262
3.3 > Calentadores 272
3.4 > Filtros de aire 277
3.5 > Tuberías 277

4 >> Bomba de inyección lineal 279
4.1 > Circuito de combustible 279
4.2 > Estudio de la bomba lineal BOSCH 286

Unidad 7 - Sistemas de inyeccion diésel II: bomba rotativa 310

1 >> Introducción 311
2 >> Bomba rotativa BOSCH VE 312
2.1 > Alimentación de combustible 312
2.2 > Regulador mecánico de velocidad 317
2.3 > Variador de avance 321
2.4 > Dispositivos de adaptación 322
2.5 > Reparación de bombas BOSCH VE 328
2.4 > Puesta a punto 331

3 >> Bomba LUCAS tipo DPC 332
3.1 > Presión de transferencia 333
3.2 > Cabezal hidráulico 334
3.3 > Regulador mecánico 336
3.4 > Variador de avance 338
3.5 > Dispositivos de adaptación 339
3.6 > Procedimientos de prueba 343

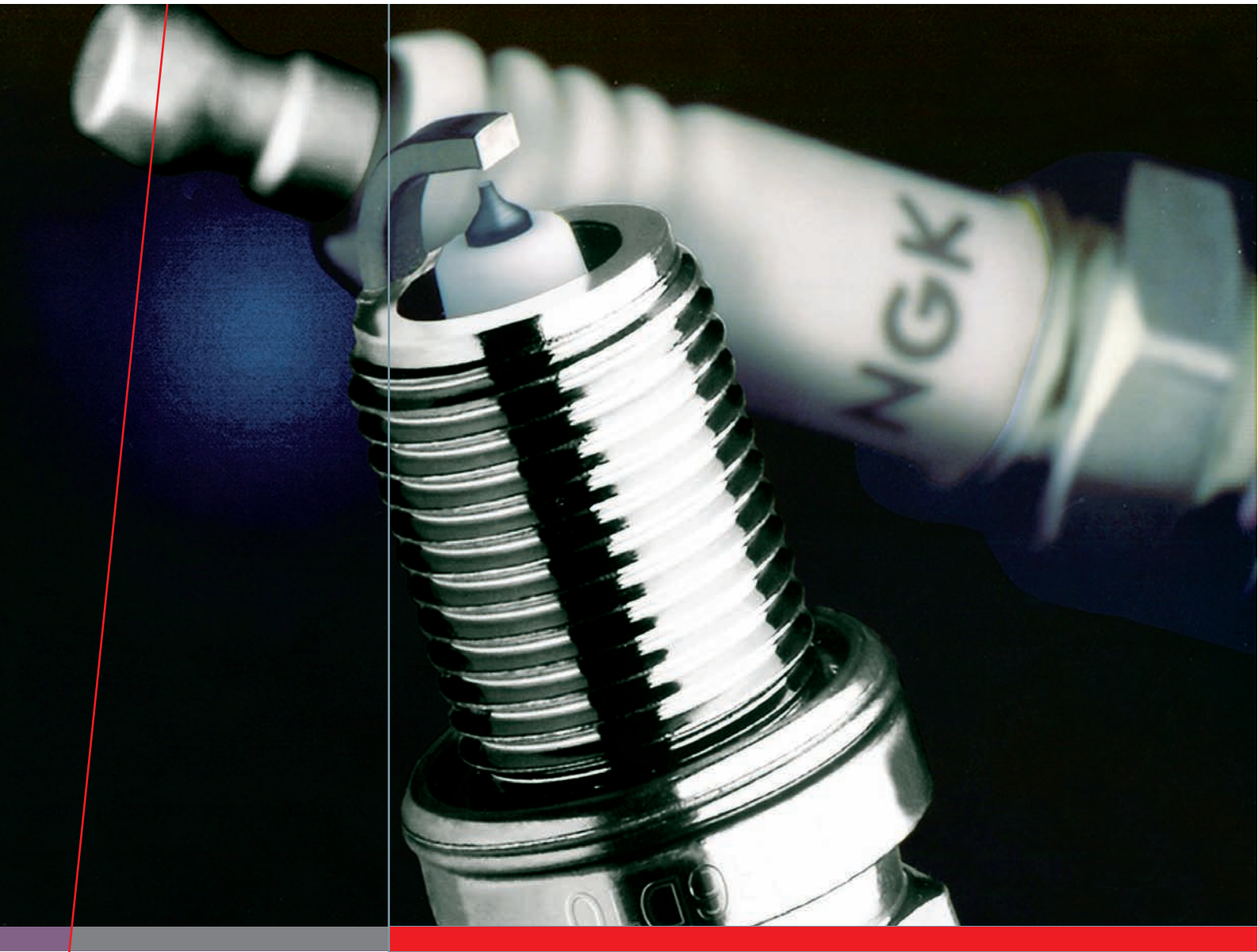
Unidad 8 - Sistema de regulación electrónica diésel 354

1 >> Introducción 355
2 >> Regulación electrónica diésel con bomba rotativa BOSCH VE 356
2.1 > Bomba 357
2.2 > Inyectores 357
2.3 > Sensores 359
2.4 > Actuadores 362
3 >> Sistema inyector-bomba 366
3.1 > Estructura de un inyector-bomba 367
3.2 > Fases de funcionamiento del inyector-bomba 368
3.3 > Circuito de alimentación de combustible 371
3.4 > Electroválvulas destinadas a inyectores-bomba 374
4 >> Inyector bomba piezoeléctrico 376
4.1 > Válvula piezoeléctrica 376
4.2 > Cámara del muelle del inyector 377
4.3 > Ciclo de inyección del inyector-bomba piezoeléctrico 379
5 >> Regulación electrónica con bomba rotativa BOSCH VR 383
5.1 > Sistema de alimentación de combustible 383
5.2 > Variador de avance 387
6 >> Sistema common rail 390

Unidad 9 - Sistemas de sobrealimentación 408

1 >> Introducción 409
2 >> El turbocompresor 410
2.1 > Turbocompresor de geometría fija 410
2.2 > Turbocompresor de geometría variable 414
3 >> Compresor volumétrico 417
4 >> Compresor comprex 418
5 >> Sistemas biturbo 419

Apéndice: relación de figuras 426



unidad 1

Conceptos básicos del encendido. Encendido convencional

SUMARIO

- Magnetismo y electromagnetismo
- Encendido electromecánico convencional
- Cables de bujías
- Bujías
- Puesta a punto al encendido

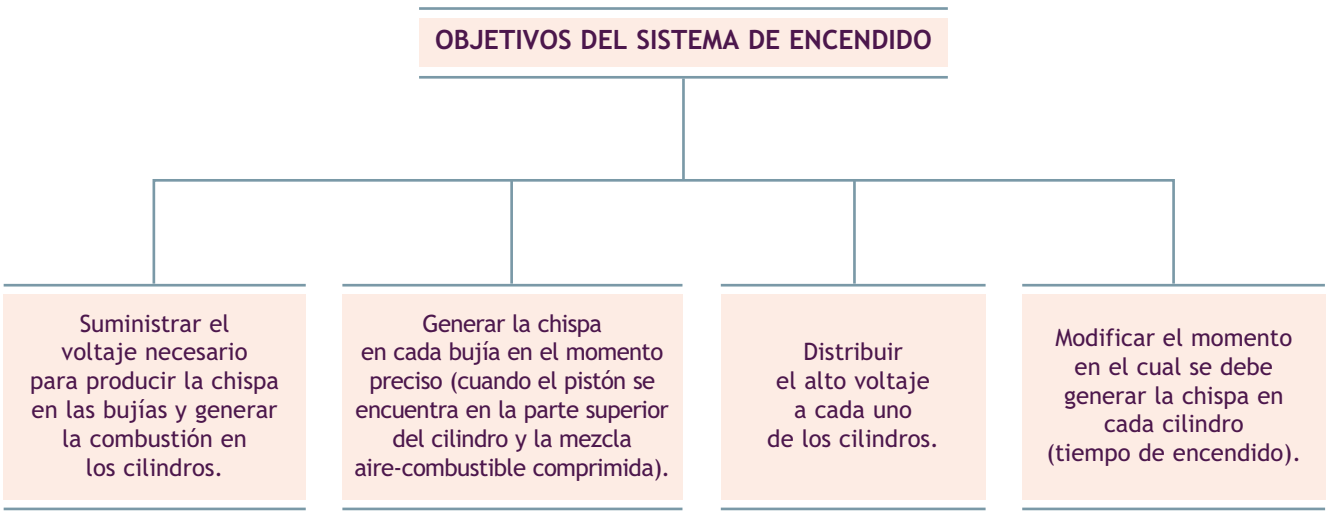
OBJETIVOS

- Conocer los conceptos de magnetismo y electromagnetismo.
- Conocer los elementos principales del sistema de encendido convencional, así como las características de cada uno de ellos.
- Analizar y comprobar el funcionamiento de los dispositivos de avance y retardo del sistema de encendido.
- Comprobar y analizar el funcionamiento de un motor teniendo en cuenta su punto de encendido.
- Analizar los oscilogramas de encendido.
- Realizar correctamente la puesta a punto del encendido.

1 >> Magnetismo y electromagnetismo

El sistema de encendido es muy importante para el buen funcionamiento del motor ya que afecta de manera directa al consumo de combustible y, por tanto, a su rendimiento. Este sistema proporciona impulsos de alto voltaje entre los electrodos de las bujías en el cilindro del motor. Estos impulsos producen arcos eléctricos en el espacio comprendido entre los electrodos de la bujía que inflaman la mezcla comprimida en la cámara de combustión. Cada arco eléctrico se sincroniza de manera que salte cuando el pistón se aproxima al punto muerto superior (PMS) en la carrera de compresión.

Los objetivos del sistema de encendido se resumen en el siguiente esquema:



La transformación de la baja tensión de la batería en alta tensión que se necesita en los electrodos de la bujía se produce en una bobina, y para conocer el funcionamiento de esta y otros procesos que ocurren en el sistema de encendido es necesario conocer conceptos como magnetismo y electromagnetismo.

1.1 > Magnetismo

El magnetismo es la parte de la física que estudia la interacción entre imanes y entre cargas eléctricas en movimiento, así como las propiedades de la materia que derivan de tales fenómenos.

El imán es una sustancia que atrae al hierro por condición natural o adquirida. El imán natural más conocido es la magnetita.

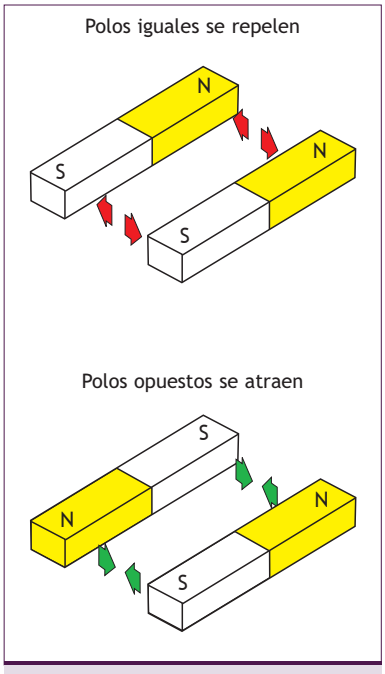
Campo magnético producido por un imán

Al esparcir limaduras de hierro entorno a un imán estas adoptan una distribución denominada espectro del imán. Las limaduras se concentran en las puntas del imán, según unas líneas llamadas las líneas de campo o fuerza. Esta distribución define el polo norte y el polo sur del imán. Entre ambos polos se crea un campo magnético.

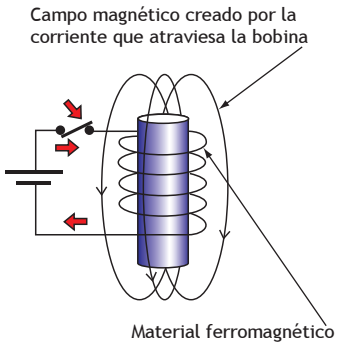
Magnetita

La magnetita es un imán natural. Forma parte de un grupo de minerales llamados óxidos; usualmente la magnetita puede ser identificada a causa de su gran magnetismo, y por su color oscuro.

Generalmente, la magnetita no es muy abundante, pero puede encontrarse en diferente tipo de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, y hasta en algunos meteoritos. La mayoría de las rocas ígneas que se forman en las profundidades contiene una pequeña cantidad de cristales de magnetita. La magnetita también puede encontrarse en las rocas metamórficas que se formaron de las rocas sedimentarias ricas en hierro.



1.1. Imanes.



1.3. Líneas de campo magnético producidas en el interior de una bobina.

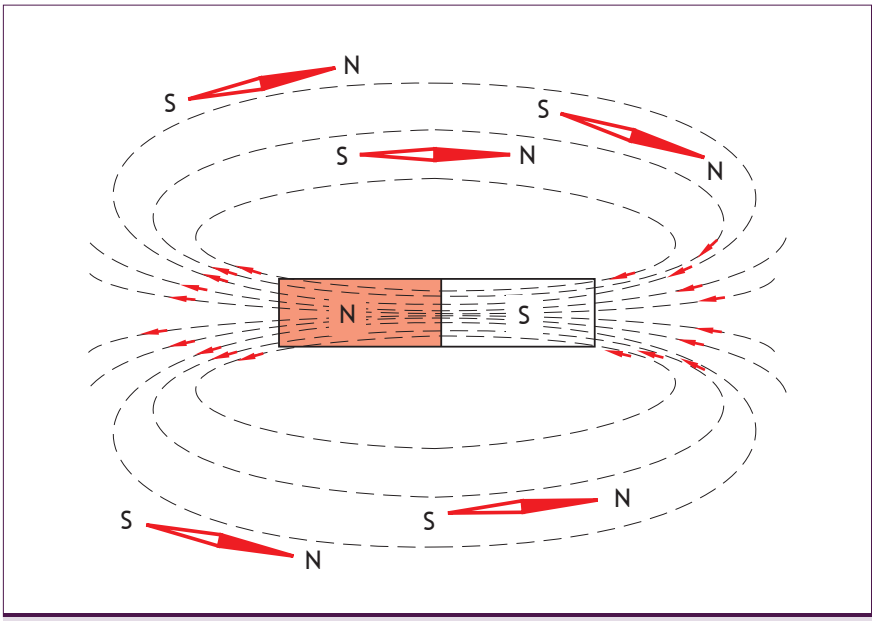
V Vocabulario

Ruptor: interruptor del sistema de encendido.

Los polos del mismo signo se repelen y los del signo contrario se atraen (figura 1.1).

Entre el polo norte de un imán y el polo sur de otro imán se crea un **campo magnético**, fenómeno que induce fuerzas en los objetos de hierro que se encuentran entre ambos polos.

En el interior del campo, las fuerzas tienen un sentido preciso, definido por las líneas de fuerza o líneas de inducción (figura 1.2). Estas líneas salen del polo norte del imán y convergen hacia el polo sur. La intensidad del campo es tanto más fuerte cuanto más líneas de fuerza existan. El conjunto de líneas de fuerza constituye el **espectro magnético** del imán.



1.2. Sentido de las líneas de fuerza.

1.2 > Electromagnetismo

El electromagnetismo es el magnetismo producido por efecto de la electricidad.

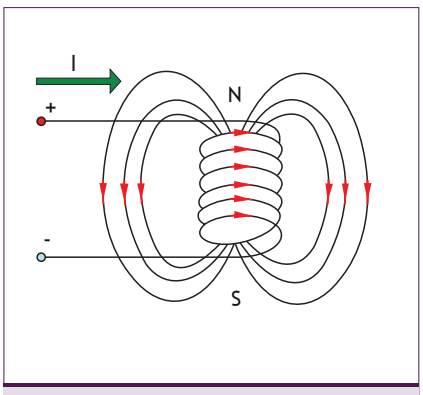
Cuando una bobina de cable arrollada a un soporte formando espiras o devanados es atravesada por una corriente eléctrica crea a su alrededor un campo magnético (figura 1.3).

El campo magnético creado por la bobina resultará más intenso cuanto mayor sea el número de espiras de la bobina y la intensidad de corriente que circula.

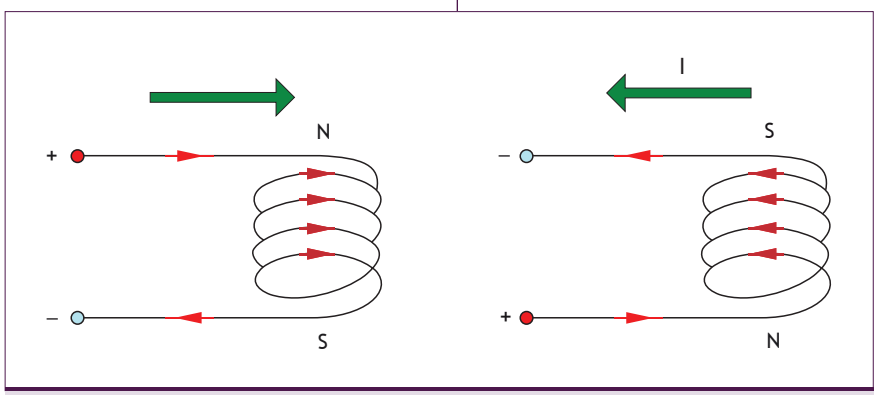
Para aumentar y reforzar el campo magnético creado por la bobina, se arrolla sobre un núcleo de hierro dulce u otro material buen conductor del magnetismo (ferromagnético). El efecto es reversible, es decir, si una bobina de cable conductor es sometida a la variación de un campo magnético, se produce un desprendimiento de electrones y se crea, por tanto, una corriente eléctrica.

Líneas de campo en el solenoide

En el interior del solenoide las líneas de fuerza, generadas por la corriente y detectadas por el espectro magnético, tienen dirección axial. El aspecto de las líneas de fuerza formadas por una bobina es parecido al de las líneas de fuerza generadas por un imán. En la figura 1.4. se puede observar que en los dos extremos del solenoide se generan las dos polaridades, norte y sur. Además, invirtiendo el sentido de la corriente eléctrica en la bobina también se invertirán las polaridades magnéticas (figura 1.5).



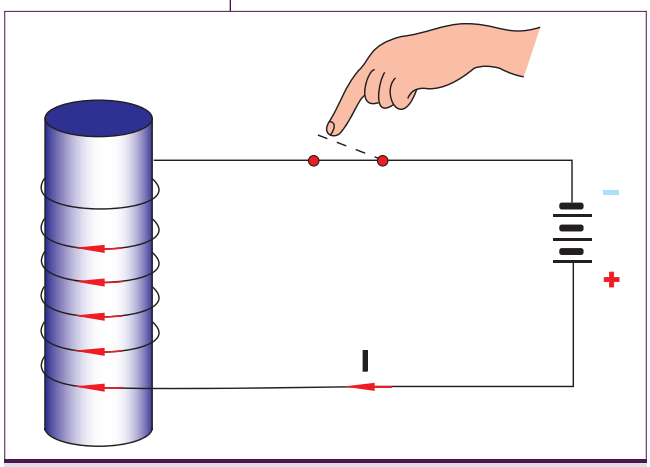
1.4. Polaridades en el solenoide.



1.5. Inversión de polaridades magnéticas.

Variación del flujo magnético

La variación del flujo magnético se consigue con un interruptor interpuesto entre la alimentación de la bobina y la propia bobina para conseguir un campo magnético variable (figura 1.6). Este provoca una variación del flujo magnético en la medida en que el interruptor deje paso a la corriente o la interrumpa (ruptor cerrado o abierto).



1.6. Variación de flujo magnético.

Fuerza electromotriz de autoinducción

Si después de haber creado un campo magnético en una bobina haciendo pasar una intensidad de corriente interrumpimos el paso de esta, también desaparece el campo magnético. La variación de flujo produce una fuerza electromotriz:

- Al cerrar el interruptor, el flujo varía en el primario de cero al máximo y la fuerza electromotriz de autoinducción es contraria a la corriente que la origina. En la bobina, además se almacena una energía.
- Al abrir el interruptor, el flujo varía del máximo a cero y la fuerza electromotriz de autoinducción es del mismo sentido que la corriente que la origina.

Como consecuencia:

- Al cerrar el interruptor, la fuerza electromotriz de autoinducción se opone a la del generador.
- Al abrir el interruptor, la fuerza electromotriz de autoinducción se suma a la del generador.

Material ferromagnético

Los materiales ferromagnéticos son materiales que pueden ser magnetizados permanentemente por la aplicación de campo magnético externo. Este campo externo puede ser tanto un imán natural o un electroimán. Los principales materiales magnéticos son el hierro, el níquel, el cobalto y las aleaciones de estos.

Autoinducción

La autoinducción es la analogía eléctrica de la inercia mecánica que tiende a oponerse al aumento o disminución de la velocidad del cuerpo.

Autoinducción

El paso de corriente eléctrica por un conductor a un núcleo produce un campo magnético (figura 1.7), el cual tiene el efecto de inducir en sus propias espiras una corriente cuya polaridad se opone a la corriente que forma el campo magnético original.

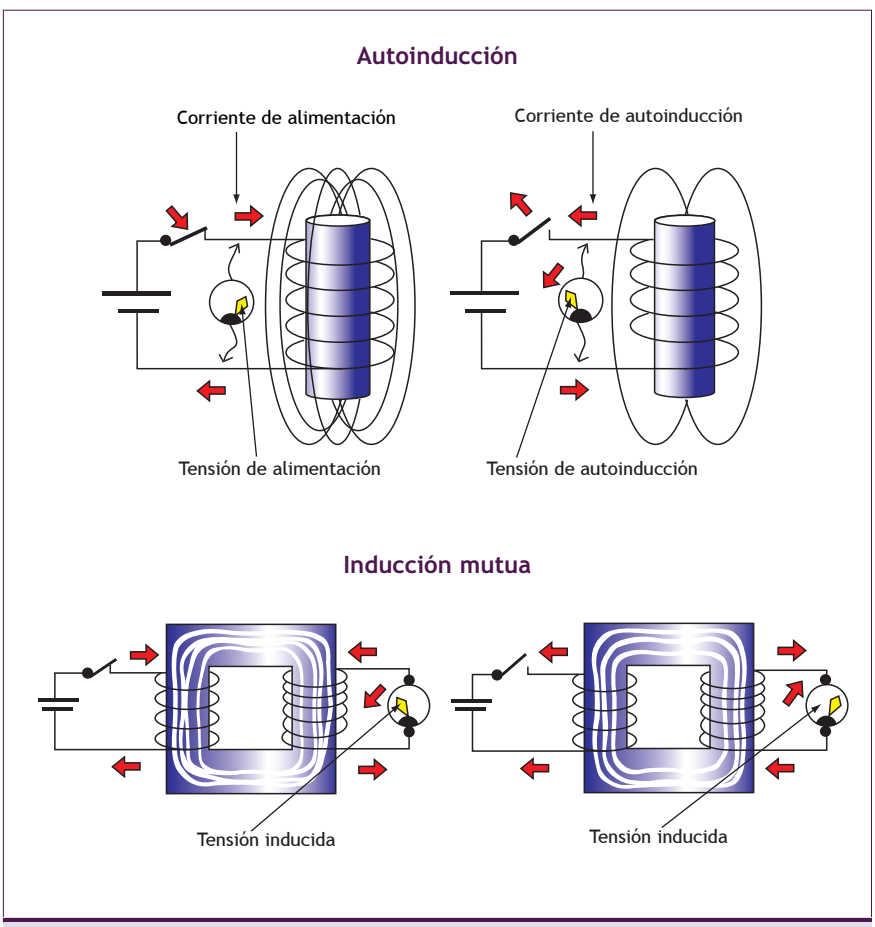
Este fenómeno que retrasa o frena la entrada de corriente a la bobina se denomina autoinducción.

La autoinducción depende del número de espiras, del flujo magnético y de la intensidad de corriente que circula en un instante. La unidad de inducción (L) es el henrio (H).

> **La autoinducción es la propiedad que posee un circuito de impedir el cambio de corriente.**

Inducción mutua

> **El fundamento de los transformadores de encendido es que, cuando se coloca un arrollamiento cerca de otro sin llegar a estar en contacto y por uno de ellos circula corriente, en el segundo se induce una corriente cuyo valor dependerá de la autoinducción de cada una de ellas (L).**



1.7. Autoinducción e inducción mutua.

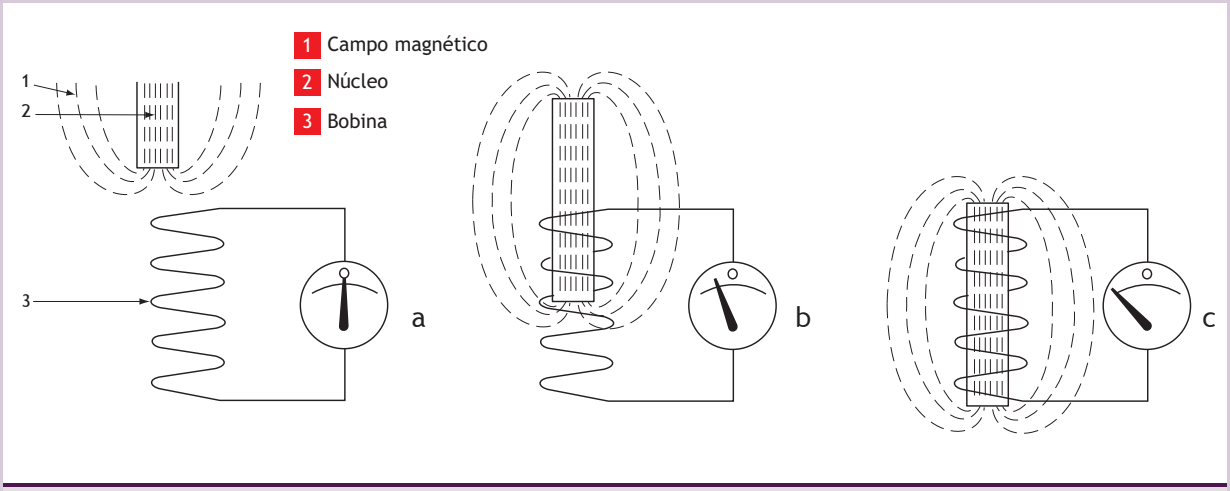
>> Casos prácticos

Obtención de la energía eléctrica

•• ¿Cómo puedes obtener la tensión eléctrica por inducción si sometes a un conductor eléctrico a la acción de un campo magnético de valor variable?

Solución •• Cuando un conductor eléctrico se somete a la acción de un campo magnético de valor variable, se crea una tensión eléctrica por inducción en el conductor.

Para comprobar este fenómeno puedes realizar el experimento de la figura 1.8.



1.8. Fenómeno de inducción eléctrica.

1. Toma un imán en forma de barra e introdúcelo en el interior de una bobina moviéndolo con una velocidad aproximadamente constante.

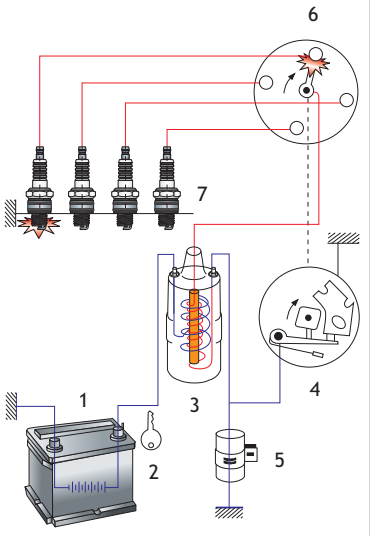
   En a, la bobina no es afectada por el campo magnético del imán y el voltímetro conectado en los extremos de la bobina marca cero.

2. En b, la mitad de la bobina es afectada por el campo magnético y el voltímetro indica la aparición de una tensión que va creciendo hasta llegar a un máximo (en c), para luego disminuir progresivamente hasta hacerse de nuevo cero cuando el imán está completamente introducido en la bobina y en estado de reposo.

La bobina ha estado expuesta a la acción de un campo magnético variable (en este caso, creciente) y, por tanto, se ha inducido en ella una tensión eléctrica. La inducción eléctrica se basa en la variación del campo magnético, lo que se comprueba porque si se detiene el movimiento del imán, la tensión inducida desaparece.

En este estudio de la generación de la energía eléctrica es muy importante tener en cuenta que para crear una tensión inducida en un conductor, es imprescindible que el campo magnético que la provoque varíe de intensidad.

La magnitud de la tensión inducida depende de la intensidad del campo magnético, de la velocidad con que la que varía esta intensidad y del número de espiras que tiene la bobina.



1 Batería
2 Llave de contacto
3 Bobina
4 Ruptor
5 Condensador
6 Distribuidor
7 Bujías

1.9. Encendido electromecánico convencional.

1.10. Batería.

2 >> Encendido electromecánico convencional

El circuito de encendido (figura 1.9) utilizado en los motores de gasolina es el encargado de hacer saltar una chispa eléctrica en el interior de los cilindros, para provocar la combustión de la mezcla aire-gasolina en el momento oportuno. Para encender la mezcla es necesaria una energía que produzca la chispa eléctrica. Si la energía de encendido disponible es insuficiente, no se producirá el encendido. Por este motivo, es necesario que haya una energía de encendido suficiente para que la mezcla aire-combustible pueda inflamarse incluso cuando las condiciones exteriores no son favorables. En este caso, basta que una pequeña porción de mezcla inflamable roce la chispa para que empiece la combustión del combustible.

La bujía es el elemento encargado de crear la alta tensión para provocar la chispa eléctrica en el interior de cada uno de los cilindros del motor.

Hay tantas bujías como número de cilindros en el motor. Los componentes principales del sistema de encendido se detallan a continuación.

2.1. > Batería

La batería (figura 1.10) es la encargada de suministrar la energía necesaria para que funcione el sistema de encendido.

2.2 > Interruptor de arranque

El interruptor de arranque está situado en el circuito primario del sistema de encendido y se acciona con la llave de contacto.

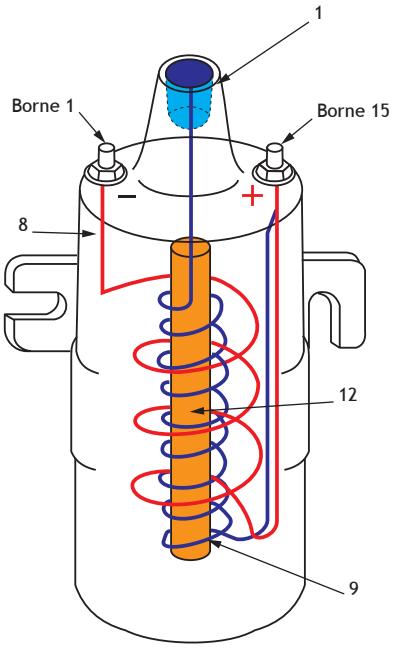
2.3 > Bobina de encendido o transformador de tensión

La bobina de encendido es la encargada de transformar la baja tensión de la batería (12 V) en la alta tensión que se necesita para producir la chispa entre los electrodos de la bujía (12 000 a 20 000 V).

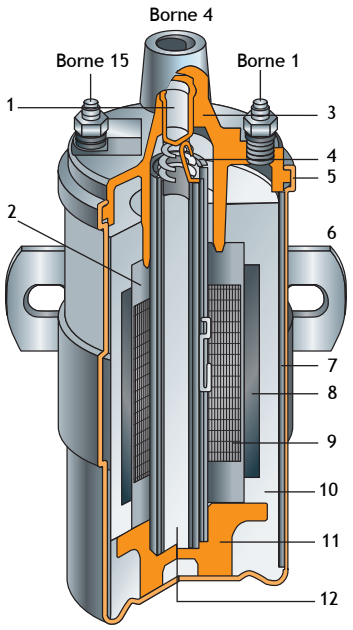
La bobina de encendido (figuras 1.11 y 1.12) está compuesta principalmente por un núcleo de hierro laminado dulce (12) aislado por la tapa y un cuerpo aislante insertado adicionalmente en el fondo, sobre el que van acoplados dos arrollamientos:

- El **arrollamiento primario** (8) está situado por encima del arrollamiento secundario (el primario aporta más calor y de esta manera se evacua más fácilmente) y está compuesto por pocas espiras de hilo grueso (de 200 a 300 de 0,5 a 0,8 mm de diámetro).
- El **arrollamiento secundario** (9) compuesto por muchas espiras de hilo fino (20 000 a 30 000 de 0,06 a 0,08 mm de diámetro) y conectado eléctricamente mediante el núcleo con el borne central.

La relación de espiras entre los arrollamientos primario y secundario oscila entre 1:70 y 1:150. Por tanto, la bobina recorrida por la corriente de batería se denomina **bobina primaria,** y en la que se genera la corriente de alta tensión por inducción magnética se denomina **bobina secundaria.**



1.11. Bobina de encendido.

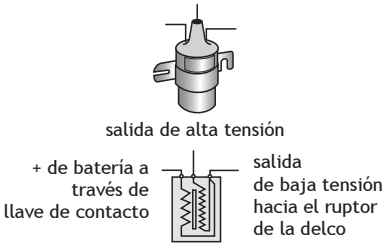


1. Conexión exterior de alta tensión
2. Capas de arrollamiento con papel aislante
3. Tapa aislante
4. Conexión interna de alta tensión sobre contacto de muelle
5. Caja
6. Abrazadera de fijación
7. Chapa revestida magnética
8. Arrollamiento primario
9. Arrollamiento secundario
10. Masa de relleno
11. Cuerpo aislante
12. Núcleo de hierro

1.12. Estructura interna de la bobina.

La tapa de la bobina de encendido aislada contiene, simétricamente, **el borne de alta tensión** (3), normalmente señalado con el número 4, los bornes para la entrada de corriente desde la **batería o llave de contacto** denominados **15, B y +,** y la conexión de salida hacia el ruptor de encendido y condensador y señalados con **1, D y -** (figura 1.13).

El aislamiento y la fijación mecánica de los arrollamientos se efectúa mediante un relleno con asfalto. Además, hay bobinas de encendido que están rellenadas con aceite.



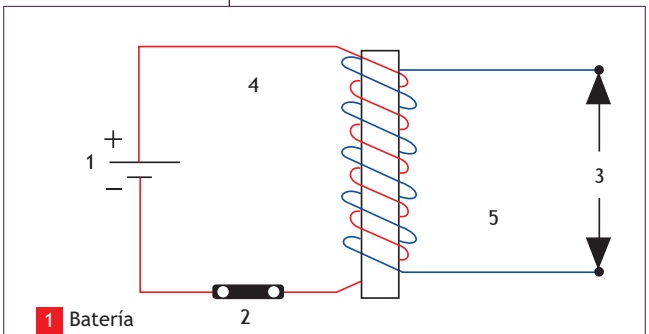
1.13. Diseño eléctrico de una bobina.

Funcionamiento de la bobina

La bobina o transformador basa su funcionamiento en el fenómeno de autoinducción e inducción mutua (figura 1.14). Al circular corriente por el primario se crea un campo magnético en el núcleo y al interrumpirse la corriente el campo desaparece bruscamente, lo que provoca en el primario tensión por autoinducción y en el secundario tensión por inducción.

La tensión inducida en el secundario depende de la relación en el número de espiras entre primario y secundario así como la intensidad de corriente que alcance a circular por el primario en el momento de la interrupción.

La autoinducción limita el tiempo de carga de una bobina, sobre todo cuando el tiempo disponible para saturarse es limitado, como es el caso de los transformadores de encendido trabajando a elevado régimen.



1. Batería
2. Interruptor
3. Inducción de tensión al abrir y cerrar el interruptor
4. Bobina primaria
5. Bobina secundaria

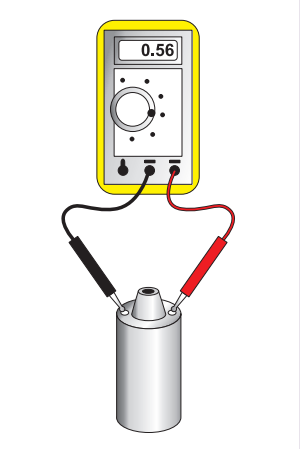
1.14. Principio de funcionamiento del transformador.

Técnica

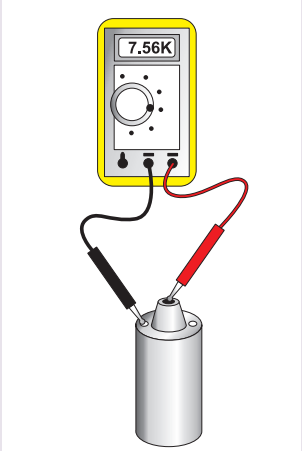
Comprobación de la bobina

- Comprobar el estado de los bornes de conexión.
- Comprobar la resistencia de las bobinas primaria y secundaria (figuras 1.15 y 1.16):
  - Para el arrollamiento primario conectar el óhmetro entre los bornes (15, B ó +) y (1, D ó −).
  - En el arrollamiento secundario entre los bornes (1, D ó −) y la salida de alta tensión.

En ambos casos el valor debe corresponder con el estipulado por el fabricante, entre 3 y 6 Ω para el primario y de 5 a 10 kΩ para el secundario.



1.15. Resistencia primario.



1.16. Resistencia secundario.

- Comprobar el aislamiento de los arrollamientos a masa:
  - Para el borne primario conectar el óhmetro entre el borne de entrada de corriente y la carcasa de la bobina (figura 1.17).
  - Para el borne secundario conectar el óhmetro entre el borne de alta y la carcasa de la bobina (figura 1.18).

En ambos casos se debe verificar que existe circuito abierto, de no ser así, se sustituye la bobina.

- Se hace pasar una corriente por el primario y midiéndolo con un amperímetro el consumo no debería ser superior a 5 A. Si se superase este valor, existe cortocircuito.

1.17. Aislamiento a masa primario.

1.18. Aislamiento a masa secundario.

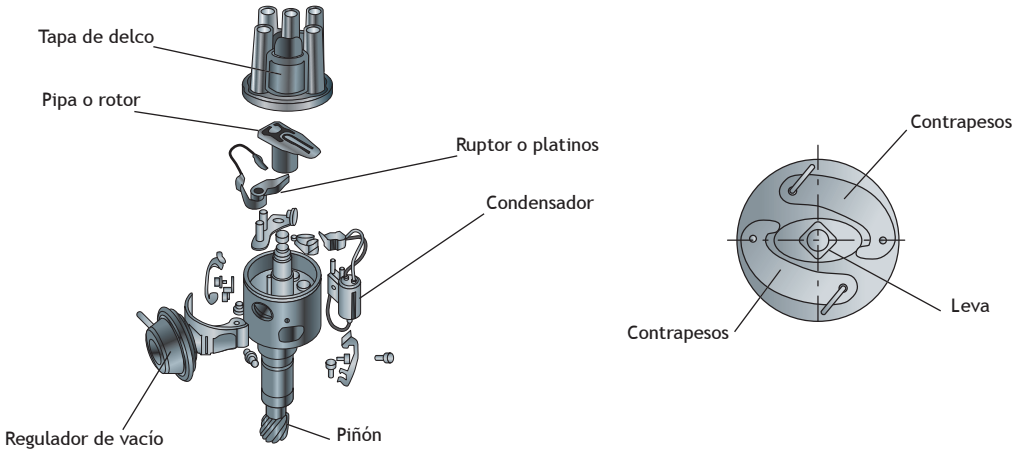
Nota: existen bobinas que necesitan de un resistor exterior (resistencia), que generalmente ya hace parte de la instalación del vehículo. Este resistor puede ser de porcelana o hilo resistivo, generalmente incorporado en el cable de la llave de contacto.

1.19. Distribuidor.

2.4 > Distribuidor

El distribuidor (figura 1.19) es el componente del sistema de encendido que más funciones cumple, pero principalmente se encarga de repartir la corriente de alta tensión entre las bujías del motor según el orden de encendido preestablecido.

El distribuidor está compuesto por un rotor o pipa y una tapa distribuidora. En el distribuidor además se encuentran el sistema del mecanismo de avance centrífugo, el accionamiento del sistema de avance por vacío, el condensador y el ruptor de encendido (figura 1.20).



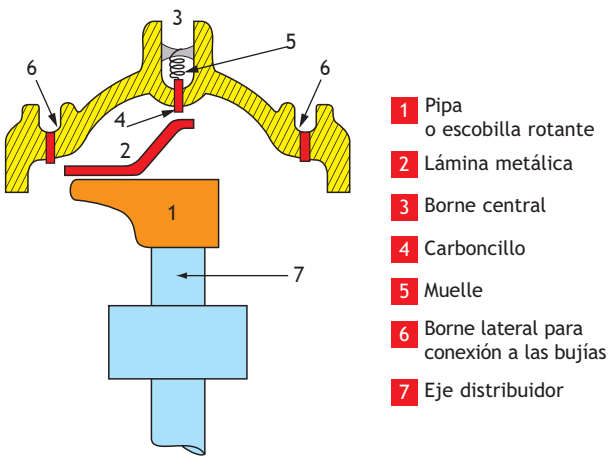
1.20. Despiece del distribuidor.

El condensador de encendido y la cápsula de depresión se encuentran fijados exteriormente en la caja del distribuidor. La tapa cubrepolvo mantiene alejados del sistema sedimentos y humedad.

Rotor o escobilla rotante

La alta tensión generada en la bobina de encendido es aplicada al distribuidor (figura 1.21) a través del **borne central** (3). Entre el borne central del distribuidor y la pipa (1) hay montado un pequeño **espárrago de carbón** (4) y **muelle** (5), que efectúa el contacto con la pipa (1).

La pipa está dispuesta en el extremo del eje del distribuidor (7) accionado por el árbol de levas y que a su vez acciona la leva que abre los contactos del ruptor. La energía de encendido fluye del punto central del rotor del distribuidor a una punta metálica en su extremo para repartir la corriente de alta tensión a los **bornes exteriores** (6) de la tapa del distribuidor. Esta tapa cuenta con tantos contactos como salidas a las bujías.



1.21. Rotor y tapa del distribuidor.

Técnica

Comprobación de la tapa y el cuerpo

•• Para llevar a cabo la comprobación de la tapa y rotor deben seguirse los siguiente pasos:

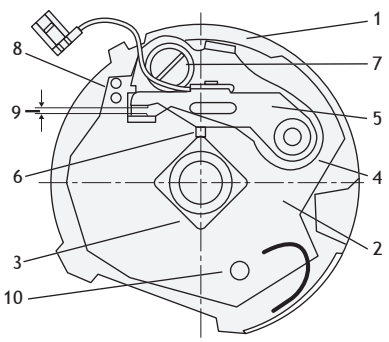
- Verificar que la tapa y el cuerpo no presenten señales de golpes o grietas.
- Comprobar el estado de los contactos interiores de la tapa, que no sufran desgaste y deslizamiento del rotor o pipa.
- Verificar el desgaste y desplazamiento del carboncillo.

Ruptor de encendido

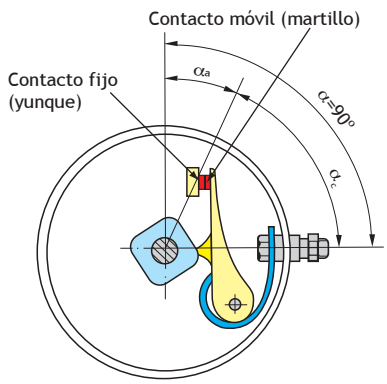
El accionamiento del ruptor o platinos de encendido se lleva a cabo mediante la leva del ruptor y se encarga de interrumpir la corriente que circula por el primario del sistema de encendido mediante la apertura y cierre de sus contactos. Está compuesto por un par de contactos, uno móvil y otro fijo (figuras 1.22 y 1.23):

- El contacto fijo, llamado **yunque,** suele fijarse con un tornillo al soporte a través de una corredera que permite el ajuste de separación entre los contactos.
- El contacto móvil, llamado **martillo,** es accionado por la leva y recupera la posición de cierre, cuando cesa la acción de la leva, gracias a la acción de un fleje metálico que realiza la función de muelle.

1. Placa fija del ruptor
2. Placa móvil del ruptor
3. Leva del ruptor
4. Escuadra del ruptor con contacto fijo
5. Martillo con contacto móvil
6. Tope de fibra
7. Tornillo de ajuste de la escuadra
8. Ajuste
9. Holgura de los contactos
10. Pivota para varilla (avance por vacío)



1.22. Conjunto ruptor y placa portarruptor.



1.23. Contactos del ruptor.

Los contactos se suelen fabricar de acero al tungsteno con elevado punto de fusión.

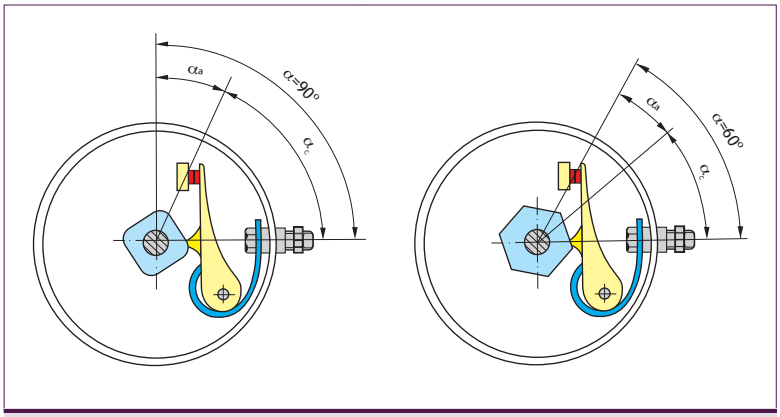
Leva

La leva es la encargada de la apertura y cierre de los contactos del ruptor: sincroniza la apertura de los contactos con la fase de encendido en el motor obteniendo la chispa entre los electrodos de la bujía en el momento adecuado.

Está situada en el eje del distribuidor y tiene forma de polígono regular (cuadrada, hexagonal, octogonal, etc.) con sus vértices redondeados. Dispone de un número de **crestas de leva** igual al número de cilindros del motor. El ciclo completo de un motor se efectúa en dos giros de cigüeñal o uno de árbol de levas. En este ciclo saltan tantas chispas como cilindros tiene el motor; por tanto, es necesario interrumpir el paso de corriente por la bobina primaria tantas veces como chispas en las bujías hacen falta. Ejemplo: en un motor de 4 cilindros haría falta interrumpir el circuito 4 veces en un giro del árbol de levas.

Se tendrán en cuenta los siguientes ángulos durante el giro de la leva (figura 1.24):

- **Ángulo de cierre,** α_c. Ángulo de giro del eje del distribuidor, o del intervalo entre chispas en el que los platinos están cerrados.
- **Ángulo de apertura,** α_a. Ángulo de giro del eje del distribuidor o del intervalo entre chispas en el que los platinos están abiertos.
- **Ángulo entre chispas,** α. Ángulo de giro que recorre el eje del distribuidor entre dos chispas. Es la suma del ángulo de cierre y el ángulo de apertura.
- **Ángulo dwell.** Representa el porcentaje de cierre de los contactos respecto del periodo de un ciclo completo. El ajuste de este ángulo es muy importante, pues determina el tiempo disponible para la carga de la bobina primaria. El ángulo se ajusta en banco o sobre el vehículo, si el mecanismo lo permite, a un valor de aproximadamente 51% - 55%. Este ángulo se debe ajustar antes del avance de encendido, porque determina una variación del ángulo de avance del encendido, adelantando o atrasando el mismo según se haga más pequeño o más grande el ángulo de leva.



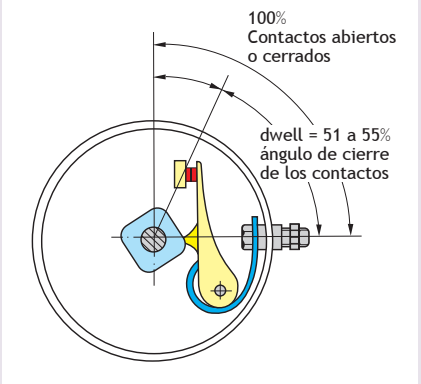
1.24. Levas para motor de 4 y 6 cilindros.

Técnica

Mantenimiento del ruptor

•• Para hacer un correcto mantenimiento del ruptor deben seguirse los siguientes pasos:

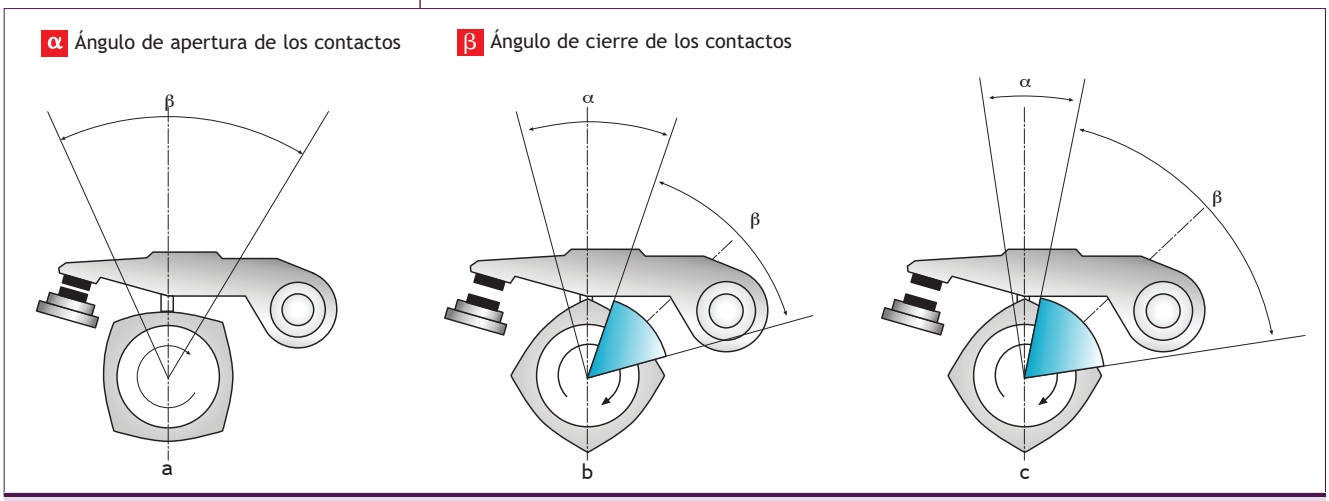
- Verificar el estado de los contactos. Si estos estuviesen sucios, limpiarlos con papel vegetal. Si presentaran zonas quemadas con cráteres en su superficie se realizaría su sustitución. Los contactos del ruptor deben verificarse cada 20 000 km y sustituirlos cada 40 000 km.
- Realizar el reglaje de contactos por medio de una galga de espesores teniendo en cuenta la separación recomendada por el fabricante. El espesor debe ser de entre 0,40 y 0,45 mm aproximadamente.
- Efectuar el control del ajuste de los contactos sin desmontar la tapa del distribuidor y con el motor funcionando al ralentí. Para este fin se utiliza un equipo de diagnóstico para la obtención del ángulo dwell, que debe estar comprendido entre 51-55%. Si los valores encontrados son distintos, actuar sobre el tornillo de regulación para volver a obtener el valor correcto.



1.25. Ángulo dwell.

El patín y los contactos del ruptor están sometidos a desgaste; el patín se desgasta debido al rozamiento con la excéntrica, y las superficies de los contactos están sujetas a un transporte de material debido a la formación de chispas durante su apertura y cierre. El desgaste del patín y el deterioro de los contactos tienen efectos contrapuestos, pero prevalece el consumo del patín. A consecuencia de ello se reduce la distancia entre los contactos y el ángulo de apertura con la consiguiente variación de la puesta en fase del instante de encendido.

En la figura 1.26 se representa un esquema del efecto de la reducción de la apertura de los contactos debido al desgaste del patín. Por lo tanto, para asegurar una puesta en fase correcta, es necesario efectuar regulaciones periódicas y puesta a punto; de lo contrario, el encendido no se realizaría debido a la insuficiente apertura de los contactos.



1.26. Contacto cerrado (a), abierto con patín normal (b) y abierto con patín desgastado (c).

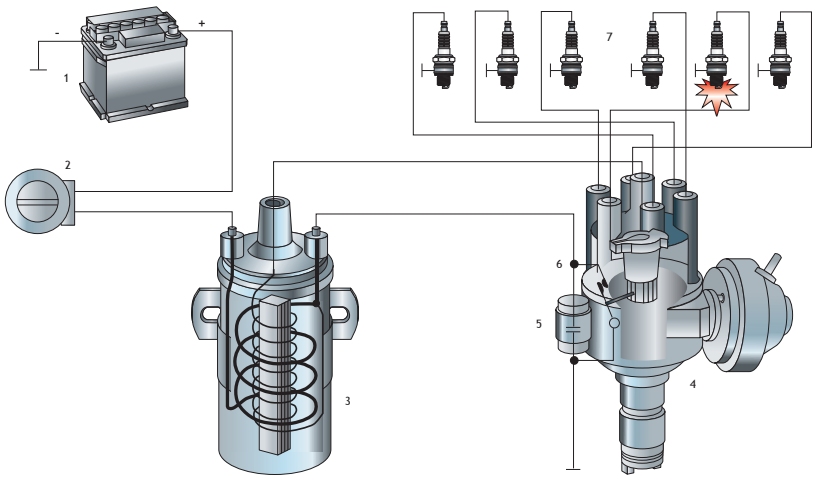
Principio de funcionamiento del sistema de encendido por contactos

En la puesta en marcha del sistema de encendido (figura 1.27), la tensión de la batería (1) pasa por la llave de contacto (2) al terminal 15 de la bobina de encendido (3). Con los platinos cerrados (6), pasa corriente por el arrollamiento primario de la bobina contra masa, formándose en la bobina un campo magnético, en el que se almacena la energía de encendido.

La subida de corriente sigue una función exponencial, debido a la inductividad y a la resistencia del primario. El tiempo de carga viene dado por el **ángulo de cierre.** El ángulo de cierre, a su vez, viene determinado por la forma de la leva del ruptor, de la zapata de deslizamiento y de la separación de los contactos. Al final del tiempo de cierre la leva abre los platinos, interrumpiendo así la corriente de la bobina. El tiempo de desconexión y el número de espiras del secundario de la bobina determinan básicamente la tensión inducida en el circuito secundario.

Como la corriente del primario tiene tendencia a restablecerse, en los platinos se formará un arco voltaico. Para evitarlo se conecta un condensador (5) en paralelo a los platinos, así la corriente primaria pasa al condensador, cortando la tensión de encendido rápidamente, y lo carga (por corto tiempo hasta 200 – 300 V). La alta tensión así formada en el secundario carga el cable de alta tensión de cada una de las bujías a través del rotor del distribuidor y los terminales exteriores, produciendo finalmente la ruptura en ellas, es decir, haciendo saltar la chispa en las bujías (7).

Así, constantemente, la energía magnética almacenada en la bobina se descarga, como energía eléctrica, en la chispa. Se produce en las bujías una tensión de encendido de entre 1 y 2 kV. La chispa dura aproximadamente de 1 a 2 ms. Una vez descargada la bobina, la leva del distribuidor cierra de nuevo los platinos, y la bobina se carga de nuevo.



1.27. Circuito de encendido.

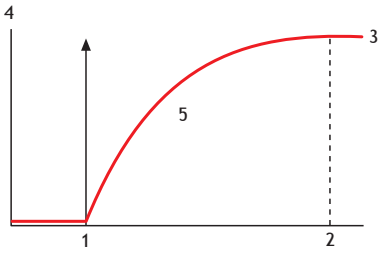
Carga del circuito primario. Contactos cerrados

Al cerrarse el ruptor del circuito primario, la corriente procedente de la batería no asume el valor máximo de inmediato, sino que lo hace de forma progresiva (figura 1.28). Este retraso se debe a que en la propia bobina se induce una tensión (debido a la variación de corriente en el circuito y, por tanto, del flujo del campo magnético que se está creando) que se opone a la que llega desde la batería y que determina que la tensión útil y, por tanto, la corriente que circula en el primario, sea menor mientras se está formando el campo magnético que cuando ya está formado.

Descarga del circuito primario. Contactos abiertos

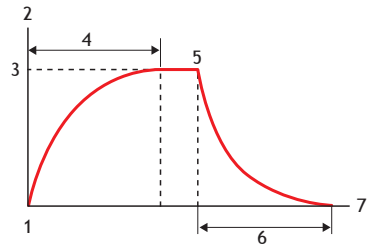
Una vez se ha cargado el circuito primario, el ruptor interrumpe el paso de corriente y el campo magnético desaparece (figura 1.29). Esta variación de flujo del campo magnético induce en la bobina primaria una corriente que tiene el mismo sentido que el de la batería, y que se opone a la interrupción del circuito, generando una chispa entre los contactos del ruptor. Este fenómeno influirá en la desaparición lenta del campo magnético y, por tanto, en una tensión inducida en el secundario débil.

1 Ruptor cerrado
2 Tiempo
3 Corriente de reposo
4 Corriente circuito primario
5 Formación campo magnético

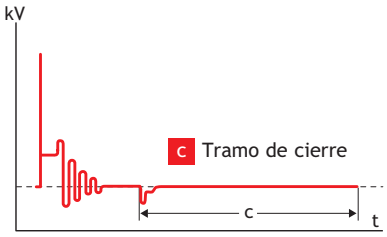


1.28. Carga corriente primaria.

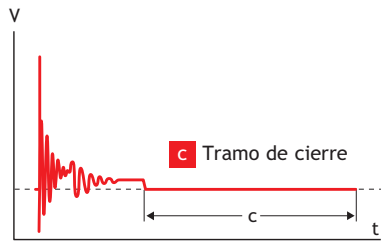
1 Ruptor cerrado
2 Corriente circuito primario
3 Corriente de reposo
4 Formación campo magnético
5 Ruptor abierto
6 Extinción campo magnético
7 Tiempo



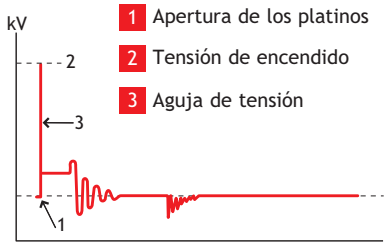
1.29. Descarga corriente primaria.



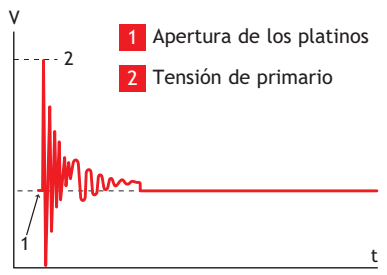
1.30. Tramo de cierre secundario.



1.31. Tramo cierre primario.



1.32. Oscilograma tensión encendido secundario.



1.33. Oscilograma tensión de encendido primario.

Características fundamentales de los oscilogramas obtenidos mediante osciloscopio

El oscilograma es la representación gráfica de la tensión alcanzada en los circuitos primario y secundario de la bobina en función del tiempo.

A continuación se describen las diferentes fases del proceso de encendido, con la indicación del oscilograma normal de encendido. El conocimiento exacto del oscilograma normal es imprescindible para la diagnosis de averías en el automóvil. El proceso se inicia cuando se abren los contactos de los platinos.

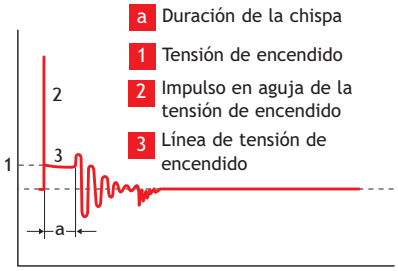
- **Tramo de cierre.** Es la parte del oscilograma que corresponde al tiempo durante el cual los platinos están cerrados (figuras 1.30 y 1.31). Tras el cierre de los platinos, durante la formación del campo magnético, en el secundario se induce una tensión cuya forma de onda corresponde a la representación de la figura 1.30, donde puede apreciarse la superposición de una pequeña oscilación al principio del tramo de cierre. Esta pequeña oscilación se debe a la inductancia de dispersión del secundario, cuya acción se manifiesta inmediatamente después del cierre de los platinos. En una bobina sin pérdidas no se producen estas oscilaciones de dispersión. La longitud del tramo de cierre es una medida del tiempo o el ángulo de cierre de los platinos, que se obtienen directamente sobre la escala horizontal de la pantalla, calibrada en grados.
- **Tensión de encendido.** Cuando se abren los contactos, gracias al condensador se produce una interrupción brusca del campo magnético, y en el secundario aparece un impulso de alta tensión muy agudo, con forma de aguja (figura 1.32). En el circuito del encendido, la carga conectada en el secundario es la bujía, que consiste fundamentalmente en un trayecto de arco para el salto de la chispa. Inicialmente, el trayecto de arco no es conductor de la electricidad y, por tanto, al principio, el secundario aparece sin carga, lo que permite un crecimiento importante de la tensión de secundario hasta que alcanza el valor exigido para el salto de la chispa. Al saltar la chispa, hay circulación de corriente, y la tensión de secundario disminuye. La máxima tensión secundaria que alcanza inmediatamente antes de producirse la chispa se denomina **tensión de encendido.** Su valor concreto depende diversos factores, entre los que se encuentran:
  - La separación entre los electrodos de la bujía.
  - La compresión del motor.
  - Las características de la mezcla de combustión.
  - Las condiciones en que se encuentra el encendido.
  - Etc.

  En la tensión primaria que se crea por autoinducción también se observa un impulso muy agudo (figura 1.33), en forma de aguja (150-300 V), en el mismo instante de la apertura de los platinos. Ello es debido a que en el instante inicial de la apertura todavía no se ha provocado el salto de chispa y, por tanto, no existen pérdidas por no haber circulación de corriente.

  A continuación del primer gran impulso de la tensión autoinducida, el salto de la chispa supone una amortiguación tan fuerte para el circuito primario que la oscilación se extingue rápidamente.

Chispa de encendido

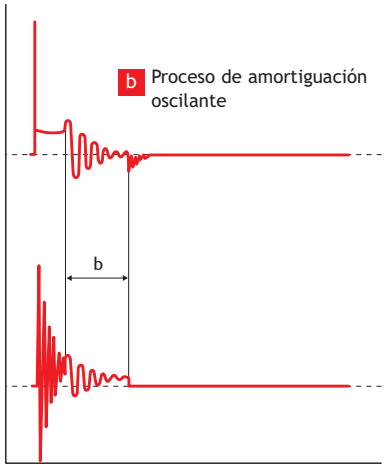
Al alcanzar la tensión de encendido, el trayecto de salto de la bujía, localizado entre los electrodos, se vuelve repentinamente conductor de la electricidad y la chispa salta. Para el mantenimiento de la chispa en acción **(duración de la chispa)** se precisa una tensión relativamente baja (figura 1.34). En el oscilograma de secundario, la chispa de encendido, a partir del **impulso de tensión de aguja,** aparece como un tramo de línea aproximadamente horizontal, sin superposición de impulsos **(línea de tensión de encendido).** La separación de esta línea respecto a la línea horizontal de cero constituye una medida de la tensión durante la producción de la chispa, conocida también como **tensión de combustión.**



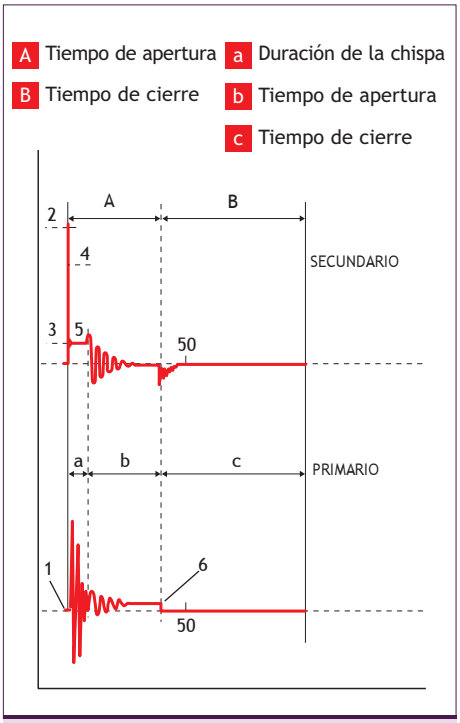
1.34 Chispa de encendido en secundario.

Proceso de amortiguación oscilante

Cuando la energía proporcionada por la bobina es insuficiente para mantener por más tiempo la chispa, esta se interrumpe. Con la **extinción de la chispa se inicia en la bobina un proceso de amortiguación oscilante** debido a la energía residual que queda en la bobina (figura 1.35). Al finalizar la fase de amortiguación, el circuito primario permanece a 12 V, al estar alimentada la bobina a través del positivo de contacto. Cuando se cierran los platinos, la tensión desciende hasta los 0 V, ya que la caída de tensión se produce en el primario de la bobina; además, se produce una ligera oscilación a causa de la autoinducción en la bobina. Durante el periodo de cierre de los platinos (conocido como ángulo dwell) el primario de la bobina almacena energía en forma de campo magnético. Esta energía es la que luego se utilizará en el siguiente salto de chispa. En la figura 1.36 se pueden observar de forma conjunta los puntos más importantes del oscilograma de tensión primaria y secundaria. Teniendo en cuenta las diferentes situaciones de funcionamiento del motor, a medida que aumenta la velocidad de rpm del motor el tiempo de cierre de los contactos disminuye, y en consecuencia, disminuye la tensión secundaria; en esta circunstancia, la chispa se va debilitando hasta que desaparece.



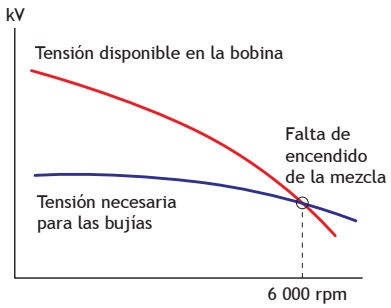
1.35. Amortiguaciones oscilantes en primario y secundario.



1.36. Oscilograma conjunto de primario y secundario.

1 Contactos abiertos
2 Tensión de encendido
3 Tensión de combustión
4 Aguja de encendido
5 Línea tensión combustión
6 Contactos cerrados
7 Tensión de encendido

Para que el motor funcione correctamente la tensión disponible en los electrodos de la bujía (figura 1.37) tiene que ser siempre superior a la necesaria; en caso contrario, no se realiza el encendido. En la figura se observa que por encima de 6 000 rpm la tensión disponible es más baja de lo necesario, por lo que el motor no podrá superar este régimen de rpm.



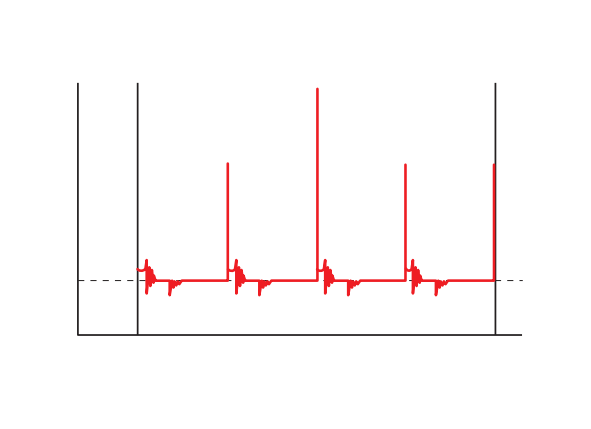
1.37. Tensión disponible en la bobina.

>> Casos prácticos

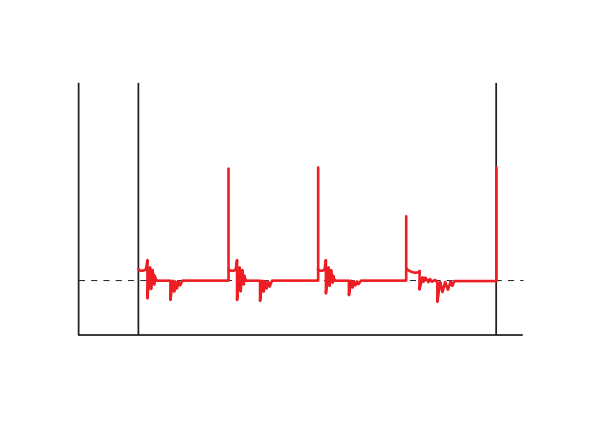
Análisis de oscilogramas de encendido

•• Se han obtenido los siguientes oscilogramas de encendido secundario defectuosos sobre dos vehículos.

Analiza detalladamente ambos oscilogramas y comenta las posibles causas que están produciendo fallos de encendido.



1.38. Tensiones de encendido elevadas.



1.39. Tensiones de encendido inferiores.

Solución ••

a) Diferencias superiores a 4 kV entre las tensiones de encendido de secundario de los diferentes cilindros.

Posibles causas:

- Diferentes separaciones entre electrodos en las diversas bujías.
- Si los síntomas no se trasladan de un cilindro a otro y la tensión de encendido es alta, distribuidor y cables de encendido con posibles fallos.

b) Reducido tamaño del impulso en aguja de la tensión de secundario.

Posibles causas:

- Presencia de defectos de aislamiento de alta tensión en bobina, cables de alta, distribuidor y pipa de una bujía.

>> Actividades propuestas

1•• Calcula el ángulo dwell de los siguientes motores teniendo en cuenta los ángulos de leva:

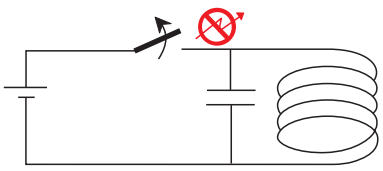
- Motor de 4 cilindros: $\propto_c = 58^\circ$; $\propto_a = 32^\circ$; $\propto = 90^\circ$
- Motor de 6 cilindros: $\propto_c = 40^\circ$; $\propto_a = 20^\circ$; $\propto = 60^\circ$

2•• Obtén el oscilograma de la corriente primaria de la bobina a diferentes revoluciones mediante un analizador de motores.

2.5 > Condensador

El arco eléctrico que se crea cada vez que se intenta abrir un circuito en el que haya una bobina puede dañar seriamente los contactos.

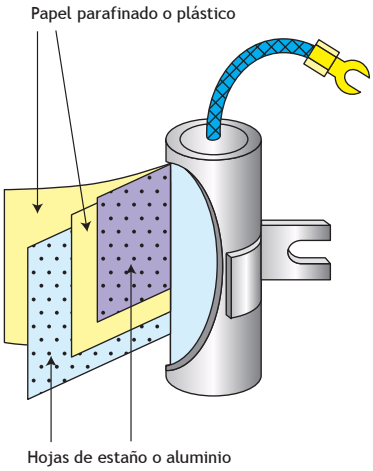
Para evitar este inconveniente suele conectarse en paralelo al solenoide un condensador que almacena la extratensión generada por el primero y evita que se desperdicie inútilmente la energía que produce el arco eléctrico (figura 1.40).



1.40. Circuito condensador.

El condensador está constituido básicamente por dos superficies conductoras (hojas de papel de estaño o aluminio), que se encuentran aisladas entre sí por un dieléctrico (papel parafinado o plástico).

Las hojas de estaño o aluminio se intercalan con las de papel parafinado o plástico. Las hojas metálicas se colocan de tal forma que sobresalga cada una de ellas por un lado. Todas juntas se enrollan formando un cilindro (figura 1.41).



1.41. Condensador.

El cilindro se introduce en un contenedor y se unen a él las hojas que sobresalen por un lado constituyendo el polo negativo; las que sobresalen por el otro lado se unen a un cable y forman el polo positivo. La capacidad depende de la superficie de las placas, de su distancia y del dieléctrico, material interpuesto. La unidad de medida empleada se expresa como faradio (F). Se suelen emplear submúltiplos de esta unidad tales como: microfaradio ($\mu F = F \times 10^{-6}$) y el picofaradio ($pF = F \times 10^{-12}$).

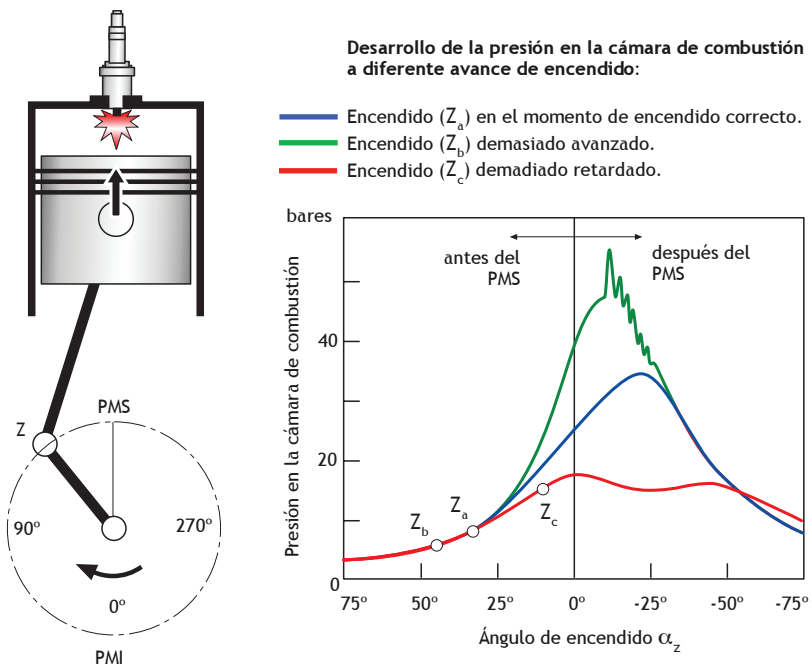
2.6 > Sistemas de avance al encendido

La chispa tiene que saltar antes del PMS, ya que la combustión se prolonga durante un cierto tiempo.

El ángulo de avance es el ángulo de la manivela respecto al eje del cilindro, en el instante en que salta la chispa.

En general, la máxima potencia se obtiene con un ángulo de avance que permita alcanzar el PMS aproximadamente a mitad de la combustión. Normalmente en esta condición el pico de presión máxima se localiza entre 15 y 25° después del PMS (figura 1.42).

El valor óptimo del avance depende principalmente de la velocidad de propagación de la llama y de la longitud del recorrido que debe realizar la llama para completar la combustión.



1.42. Posición de avance en el cigüeñal y desarrollo de la presión en la cámara de combustión con diferentes avances de encendido.

El punto de encendido (Z) debe elegirse de manera que se cumplan las siguientes condiciones:

- Potencia máxima del motor.
- Consumo mínimo de combustible.
- Eliminación del golpeteo en culata.
- Emisiones contaminantes mínimas.

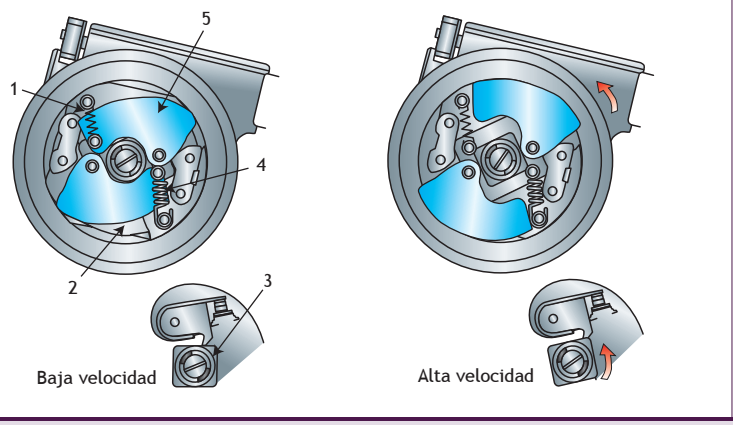
Sin embargo, estos parámetros no pueden cumplirse todos al mismo tiempo, por lo que de vez en cuando hay que dar prioridad a algunos de ellos en detrimento de otros. El punto de encendido óptimo depende de muchos factores, sobre todo:

- Del régimen del motor.
- De la carga del motor.
- Del tipo de combustible utilizado.
- De las condiciones de funcionamiento.

La adecuación del punto de encendido al estado de funcionamiento instantáneo del motor es efectuada por los dispositivos de regulación del encendido basados en:

- El mecanismo de **avance centrífugo** del encendido genera a través del **número de revoluciones** una regulación del ángulo de encendido en sentido de avance mecánico.
- El mecanismo de **avance por vacío,** que considera el estado de **carga del motor,** ya que la velocidad de inflamación y combustión de los gases nuevos en el cilindro dependen fuertemente del llenado del mismo.

1 Muelle menos rígido
2 Placa portarruptor
3 Excéntrica
4 Muelle más rígido
5 Masas excéntricas



1.43. Regulador de avance centrífugo.

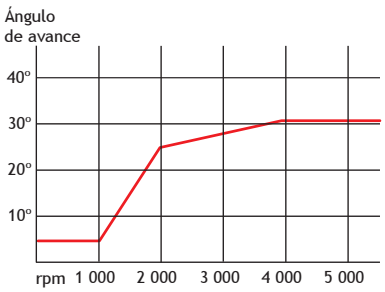
La regulación del avance centrífugo (número de revoluciones) y del avance por vacío (carga motor) están relacionadas mecánicamente de tal forma que se suman los efectos de ambas regulaciones.

Regulador de avance centrífugo

El regulador de avance centrífugo está formado por una placa (2) con dos masas excéntricas simétricas (5), unidas mediante una bisagra a uno de los extremos de la placa, articuladas con el eje portaexcéntrica mediante un perno y un muelle de retorno (4) (figura 1.43).

Cuando la velocidad del motor aumenta, la fuerza centrífuga que actúa sobre las masas las empuja hacia el exterior y mueve la excéntrica montada sobre el eje portaexcéntrica. De ese modo, el patín del ruptor abre los contactos antes del punto de apertura a baja velocidad, y por lo tanto, se anticipa la chispa. Los dos muelles calibrados (1 y 4) regulan el movimiento centrífugo de las masas y las llevan a su posición inicial cuando la velocidad del motor disminuye.

En la figura 1.44 se pueden observar los datos de avance obtenidos a diferentes regímenes de motor.



1.44. Gráfico de avance centrífugo.

Regulador de avance por depresión

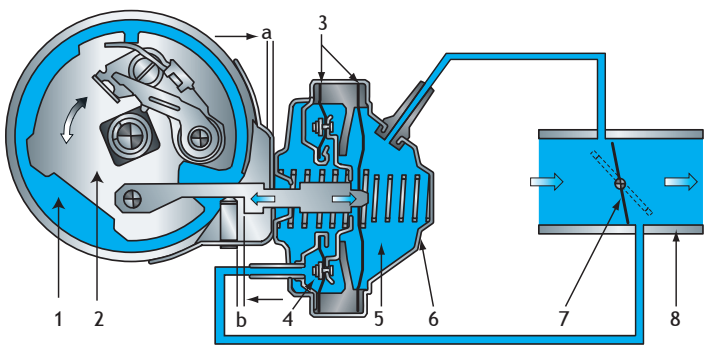
Aplicando únicamente el avance centrífugo no se pueden aprovechar a fondo las posibilidades del motor con bajas cargas. En estas condiciones, debido a que la densidad de la carga es menor y la combustión progresa con mayor lentitud, el avance óptimo debería ser superior al avance necesario para el mismo régimen pero a plena carga.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que el motor funciona durante mucho tiempo con cargas parciales, se puede instalar un regulador de avance por depresión que, al ser sensible a la depresión presente en el conducto de admisión, aumente adecuadamente el avance con una conexión especial. En la figura 1.45 se muestra un sistema de avance y retardo del encendido por depresión.

En la **regulación por avance,** la depresión se toma del tubo de admisión antes de la mariposa de gases. Con una reducción creciente de la carga del motor aumenta la depresión en la cápsula de avance (5) y resulta en un movimiento de la membrana (3), junto con la varilla de tracción, hacia la derecha (trayecto a). La varilla de tracción hace girar al disco ruptor en la dirección de giro contraria a la del eje del distribuidor de encendido. El momento de encendido es adelantado todavía más, es decir, es regulado en avance. En la **regulación por retardo** la depresión es tomada detrás de la mariposa de gases.

1 Distribuidor de encendido
2 Disco del ruptor
3 Membrana
4 Cápsula de retardo
5 Cápsula de avance
6 Cápsula de depresión
7 Mariposa
8 Tubo de admisión

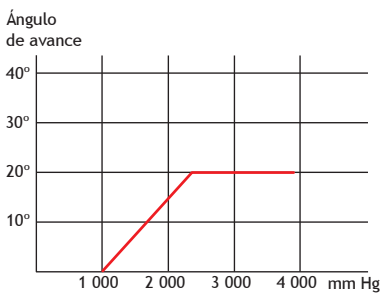
a Trayecto de regulación «avance» hasta el tope.
b Trayecto de regulación «retardo» hasta el tope.
α Ángulo de giro de la placa portarruptor



1.45. Avance por vacío con sistemas de regulación por avance y retardo.

Con ayuda de la cápsula de retardo de forma anular (4), se retrae el momento de encendido para mejorar los gases de escape, en determinadas condiciones del motor (por ejemplo, ralentí y retenciones), es decir, el momento de encendido es regulado en sentido de retardo. La membrana anular se mueve junto con la varilla de tracción hacia la izquierda (trayecto b) tan pronto como se presenta la depresión.

La varilla de tracción hace girar el disco del ruptor y a este mismo en la dirección de giro del eje del distribuidor de encendido. El sistema de regulación por retardo está subordinado al sistema de regulación por avance: existiendo la misma depresión en ambas cápsulas, la regulación de carga parcial requerida se efectúa en sentido de avance. En la figura 1.46 se pueden observar los datos de avance obtenidos a diferentes regímenes de motor.



1.46. Gráfico de avance por vacío.

>> Actividades propuestas

3·· Conecta la bomba de vacío al dispositivo de avance (exterior) de la unidad de vacío. Obtén el ángulo de encendido a diferentes revoluciones de motor y grados de vacío.

3 >> Cables de bujías

Para que pueda saltar la chispa de alta tensión (de hasta 25 kV) producida por la bobina, debe pasar primero a través del cable de encendido antes de llegar a la bujía. Para que esto pueda ocurrir, los cables deben cumplir una serie de requisitos:

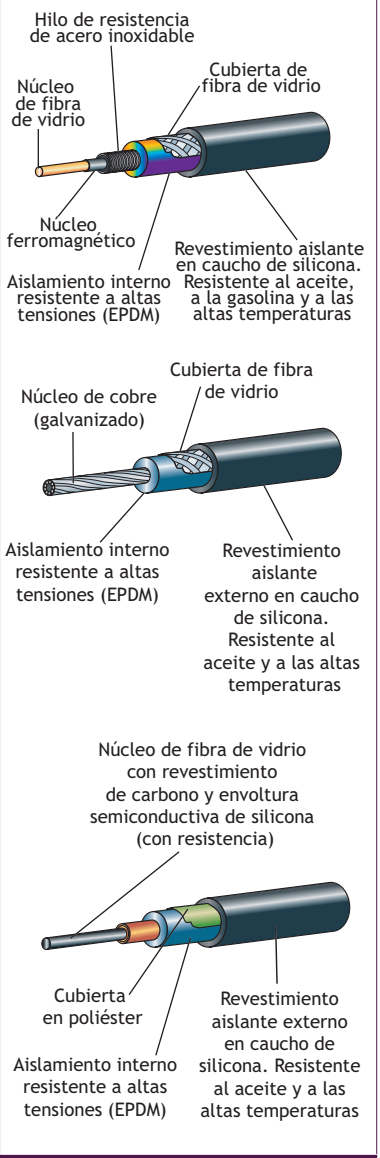
Requisitos que deben cumplir los cables de las bujías

- Altas propiedades de aislamiento
- Resistencia a las altas temperaturas (hasta 200 °C)
- Resistencia a las vibraciones y a las variaciones de la humedad

Estas características deben mantenerse de manera constante y fiable a largo plazo, incluso en las condiciones más extremas. Los cables empleados, en cualquier sistema, deben ser lo más cortos posible para evitar dobleces y al mismo tiempo que tengan la misma longitud (para mantener el sistema de alta tensión simétrico con prestaciones iguales en todos los cilindros), no han de estar sometidos a presiones, especialmente en las zonas con temperatura elevada. Deben ir sujetos para resguardarlos de vibraciones excesivas o de golpes violentos. Los terminales deben estar protegidos por unos manguitos (capuchones) de cloruro de polivinilo que recubran las bujías y las conexiones con las bobinas para impedir la entrada de aire ozonizable y la humedad. Existen tres tipos de cable de encendido que utilizan resistencias (figura 1.47):

TIPOS DE CABLE DE ENCENDIDO

- Con núcleo de cobre
- Con resistencia activa
- Con reactancia



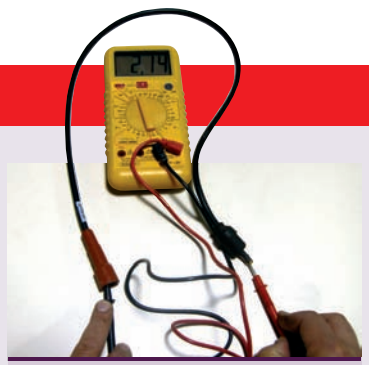
1.47. Tipos de cables de bujías.

En principio, lo ideal es una transmisión con pocas pérdidas y baja resistencia pero, como es sabido, todos los dispositivos eléctricos producen campos electromagnéticos más o menos fuertes que, en la mayor parte de los casos, no ocasionan inconvenientes, pero que pueden ser molestos en algunas circunstancias (interferencias con las ondas de radio o alteraciones en otros sistemas electrónicos del motor) o incluso peligrosos, en el caso de crear contaminación electromagnética.

Técnica

Comprobación de los cables de alta tensión

•• Colocar las puntas del óhmetro entre los extremos del cable de alta tensión. El valor resultante debe coincidir con el estipulado por el fabricante (figura 1.45).



1.48. Comprobación del cable.

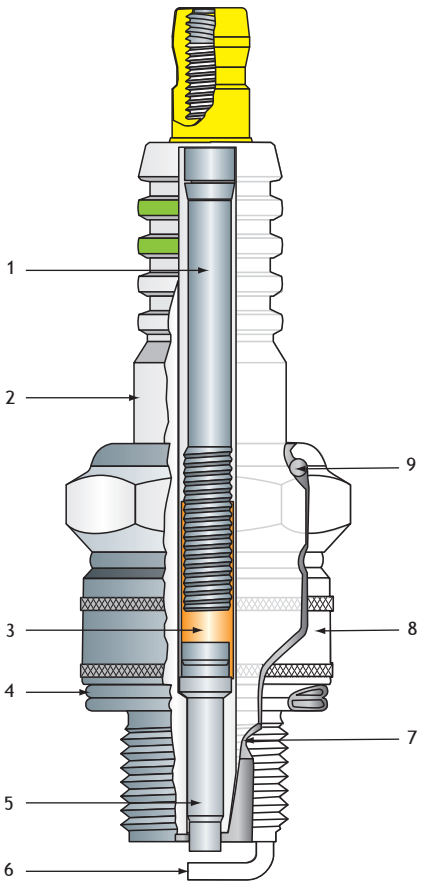
4 >> Bujías

La bujía es el elemento del sistema de encendido que hace saltar la chispa en la cámara de explosión de los motores de combustión interna. En consecuencia, conduce al interior de la cámara la corriente de alta tensión producida por el sistema de encendido y la descarga en forma de chispa entre sus electrodos para encender la mezcla de aire y carburante.

4.1 > Constitución de la bujía

La bujía está constituida principalmente por los electrodos, el aislador y un cuerpo metálico (figura 1.49).

- **Electrodos.** La bujía consta de un **perno de conexión de acero** (1), un **electrodo central** (5) de una aleación especial inoxidable con alto punto de fusión y otro **electrodo de masa** (6) que está conectado al cuerpo de la bujía. Ambos electrodos deben poseer óptimas propiedades eléctricas para reducir al mínimo la tensión requerida para hacer saltar la chispa, debe ser resistente a temperaturas extremas, a la corrosión de los gases de la combustión y a la erosión eléctrica. Dentro del **aislador** (2) se fijan ambos electrodos en una **masa colada especial** (3), de forma absolutamente estanca.
- **Aislador.** Se introduce junto con un **anillo de junta** (7) y un **anillo de reborde** (9), en el **cuerpo de la bujía** (8) y se rebordea a alta presión mediante un procedimiento especial. El aislador constituye la parte más importante de la bujía de encendido. Es un cuerpo de cerámica, fabricado a base de óxido de aluminio con adición de sustancias vítreas. Una cualidad esencial del aislador es su alta rigidez eléctrica frente a la tensión de encendido de más de 20 kV, necesaria en motores de alta compresión. Además posee un buena conductibilidad térmica (la bujía trabaja en torno a 800 °C). Otra cualidad del aislador es su resistencia térmica, por ello se entiende la resistencia a cambios bruscos de temperatura y a una rápida caída de la misma en el aislador. Además, el aislador incorpora ranuras como parte de este para evitar que el alto voltaje tienda a fugarse a lo largo de la superficie del aislador.
- **Cuerpo.** Es de acero enroscado a la culata del motor. La estanqueidad entre el cuerpo de la bujía y la culata está garantizada por una **junta** (4) que impide que se salgan los gases. El cuerpo además conduce el calor y lo aleja de la parte roscada.

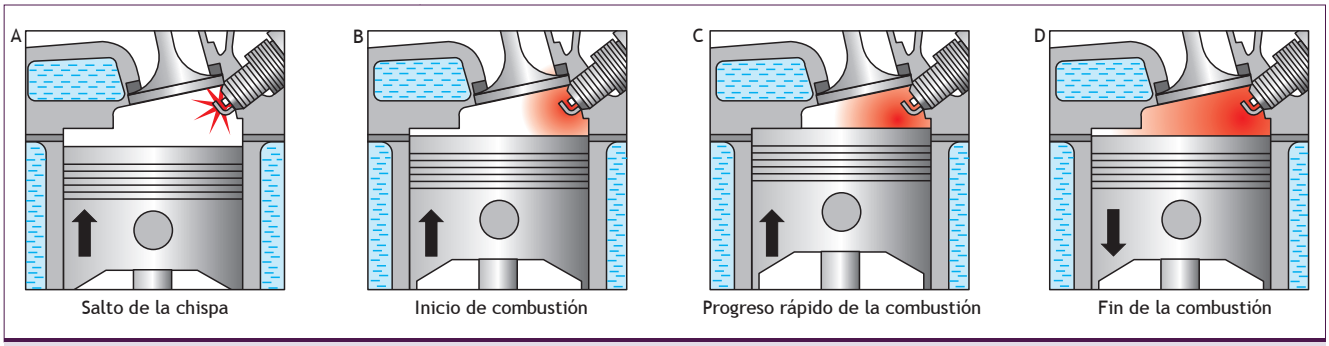


1.49. Despiece de una bujía.

1. Perno de conexión
2. Aislador
3. Masa colada eléctricamente conductora
4. Anillo de juntas no desmontable
5. Electrodo central
6. Electrodo de masa
7. Anillo de junta interior
8. Cuerpo de bujía
9. Anillo de reborde

4.2 > Combustión de la mezcla

Alrededor de la chispa que salta en la bujía del motor se crea el llamado **foco de encendido inicial,** que propaga la combustión formando un **frente de llama (figura 1.50),** por el cual se va quemando el combustible a medida que es alcanzado y se produce una subida de la presión.

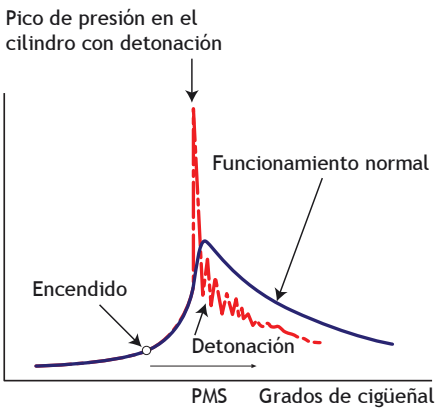


1.50. Desarrollo normal de la combustión.

La velocidad con la que se inflama el combustible queda determinada por la relación aire-gasolina.

Tanto la forma de la cámara como la ubicación de la bujía influyen a la hora de la combustión. Una cámara debe alejar al máximo el riesgo de picado, esfuerzo suplementario del pistón en su intento por finalizar su recorrido, originando una serie de ondas que golpean contra las paredes de la cámara, por lo que la forma debe permitir que la mayor parte de la mezcla se inflame con el salto de la chispa. Para ello, la bujía debe ubicarse en el lugar de mayor volumen.

Cuando las condiciones no producen una combustión normal, pueden producirse dos clases de fenómenos: la **detonación** y el **autoencendido.** Estos son dos fenómenos distintos, pero pueden darse pie el uno al otro, provocando el picado del motor.



1.51. Curva de presión en un cilindro con detonación.

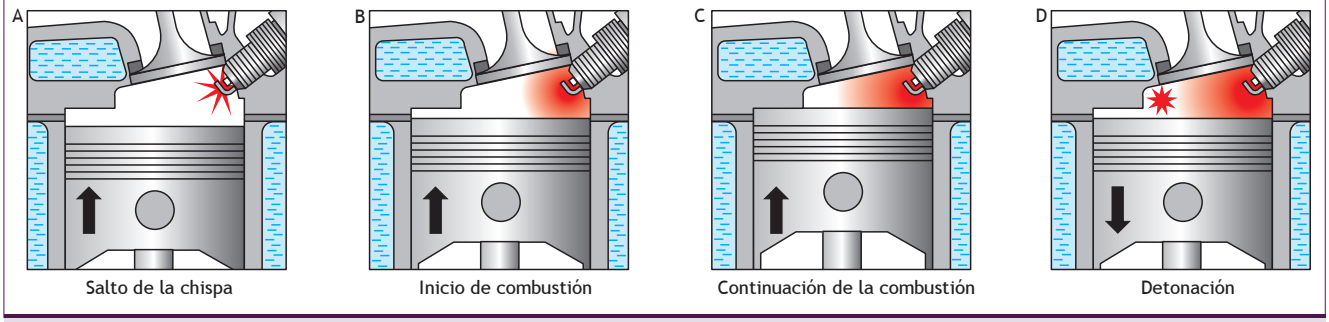
Detonación

La detonación es un proceso espontáneo en el que la mezcla alojada en la cámara de combustión explosiona en lugar de quemarse.

La detonación (figura 1.51) se produce cuando el frente de llama en el cilindro se propaga y la dilatación de los gases resultantes de la combustión en la cabeza comprime tanto a los gases que se encuentran en la culata que llegan a explotar. La consecuencia es un exceso de presión en el interior de la cámara de combustión, que provoca un ruido característico denominado **picado** (figura 1.52). Dependiendo de la consistencia del mismo puede causar daños de consideración a los pistones de los cilindros.

La detonación es causada por un excesivo calentamiento de la mezcla por depósitos de carbonilla en la culata, porque el número de octanaje del combustible es demasiado bajo, porque el encendido es muy adelantado o por una temperatura muy alta de los gases en la admisión.

Se evita con las acciones contrarias, es decir, limpiando la carbonilla de la culata, utilizando combustible de octanaje más alto, retrasando el encendido o reduciendo la temperatura de los gases.

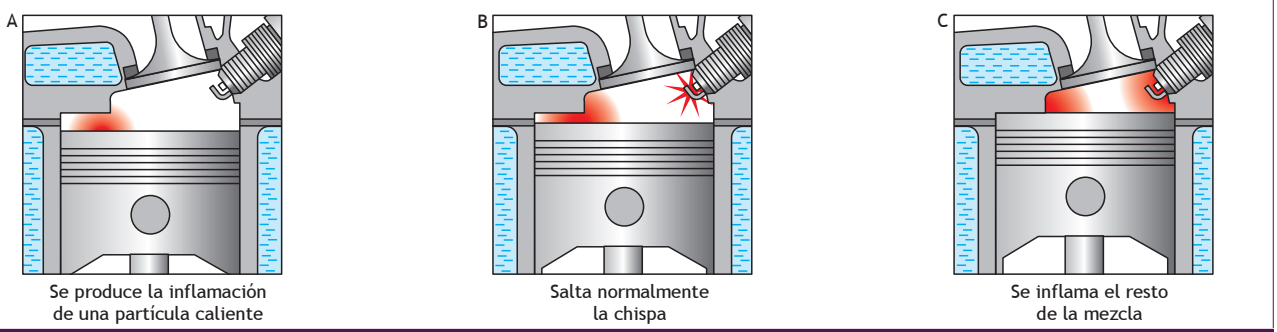


1.52. Detonación.

Autoencendido

El autoencendido es la inflamación de la mezcla por culpa de un punto demasiado caliente en la cámara de combustión. Más tarde, además, salta la chispa, por lo que se crean dos frentes de llama (figura 1.53). Este proceso produce el aumento de temperatura y presión.

Normalmente, el autoencendido lo provocan depósitos de materia en las válvulas o restos de materia metálica de la cámara, principalmente un electrodo de la bujía.



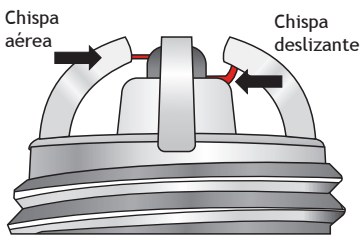
1.53. Autoencendido.

4.3 > Distancia disruptiva

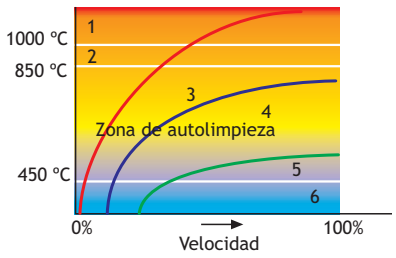
La distancia disruptiva es la separación de los electrodos entre los cuales salta la chispa de encendido. Las distancias disruptivas pueden ser (figura 1.54):

- **Distancia disruptiva al aire cuando los electrodos sobresalen más allá del pie de la bujía.**
- **Distancia disruptiva de chispa deslizante cuando tiene un aislador entre los electrodos sobre el que se desliza la chispa.**

Una auténtica distancia disruptiva de chispa deslizante ofrece la ventaja de que los residuos de la combustión no pueden acumularse sobre la vía de deslizamiento del aislador, pues esta se limpia por ignición con cada chispa. En cambio, tiene la desventaja de que la accesibilidad de la mezcla es peor que tratándose de una distancia disruptiva al aire. Existen bujías que combinan distancias disruptivas de chispa deslizante y al aire.



1.54. Chispa al aire y chispa deslizante.



1 Zona de encendido
2 Zona de seguridad
3 Caliente
4 Normal
5 Frío
6 Zona de suciedad

1.55. Temperatura operativa de las bujías.

4.4 › El grado térmico y trayectoria del flujo de calor

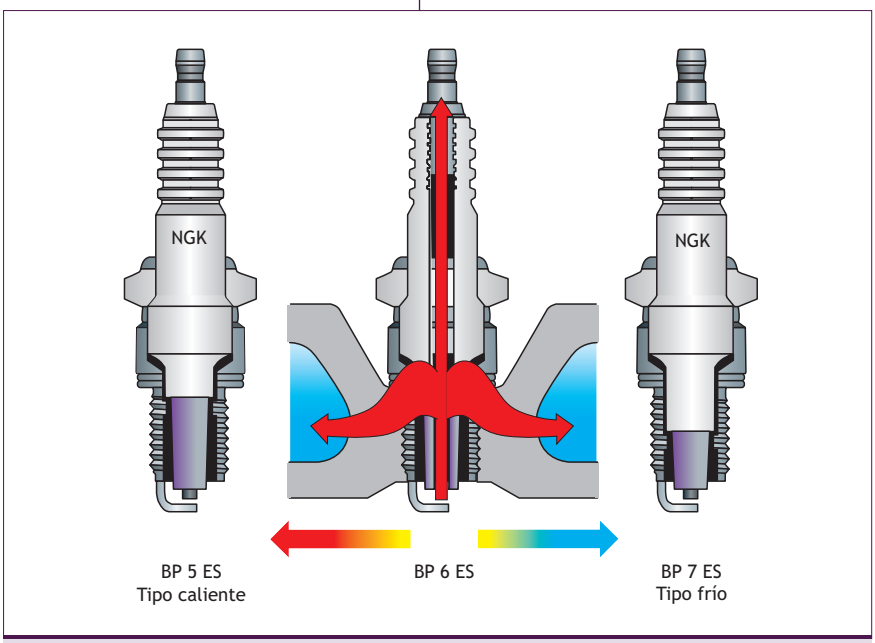
Hoy en día una bujía debe diseñarse según las características de cada motor y del uso al que va destinado, por lo tanto, no es posible hallar una bujía que funcione sin problemas en cualquier tipo de motor.

Debido a las grandes variaciones de temperaturas que existen en las cámaras de combustión de los diversos motores, se necesitan bujías con rangos térmicos diferentes. Dicho rango térmico se expresa con un número.

En las antiguas bujías de gama única se utilizaban códigos de dos o tres cifras para indicar este rango térmico.

El rango térmico indica la temperatura media que corresponde a la carga del motor, medida sobre los electrodos y el aislador.

La temperatura operativa debe oscilar entre los 400 y 850 °C sobre la punta del aislador (figura 1.55). Deben superarse los 400 °C, ya que a temperaturas elevadas las acumulaciones carbonosas o de aceite se disuelven y la bujía se limpia automáticamente y, sin embargo, la temperatura en la zona del aislador no debe exceder nunca los 850 °C porque a más de 900 °C se produce el encendido prematuro. Además, los electrodos pueden verse dañados e incluso destruidos con un calor tan intenso, debido a la agresividad de las combinaciones químicas que se generan.



1.56. Rango térmico de la bujía. Fuente NGK.

Las condiciones térmicas dependen de la relación entre la cantidad de calor absorbida y la cantidad de calor cedida al exterior, es decir, de la posibilidad de perder el calor recibido. El índice de esta capacidad autorrefrigerante se llama grado térmico.

En función del grado térmico las bujías se pueden clasificar en (figura 1.56):

Bujías frías o de grado térmico alto	Bujías calientes o de grado térmico bajo
Gran capacidad autorrefrigerante	Pocas cualidades refrigerantes
Adecuadas para: - Motores rápidos con relación de compresión alta - Motores sobrealimentados (motores calientes)	Adecuadas para: - Motores lentos de baja potencia específica (motores fríos)

Entre las dos clasificaciones anteriores existe una serie de bujías de comportamiento intermedio.

4.5 > Interpretación del código en las bujías

Los códigos alfanuméricos en las bujías y sus envases son una combinación de números y letras que se asigna a cada bujía. Este código contiene una fórmula lógica que proporciona información detallada acerca de las funciones de la bujía.

Con esto se estandariza la gama de productos y se identifican las características específicas de cada bujía sin que exista ninguna ambigüedad.

Con ello se simplifica el manejo y la selección de las bujías, su colocación en las fábricas y su organización en los puntos de venta, talleres e incluso facilita la identificación por parte del cliente final.

La **estructura** típica del código es la siguiente:

- La combinación de 1 a 4 letras delante del primer número indica el diámetro de la rosca, el tamaño de la llave de bujía y las características de construcción.
- El primer número indica el rango térmico.
- La quinta letra indica la longitud de la rosca.
- La sexta letra contiene información sobre las características específicas de la bujía, normalmente la punta de encendido.
- El último espacio está ocupado por un número que identifica la galga en mm entre los electrodos. En caso de que no exista número se trata de una galga convencional.

Nomenclatura del número de una bujía

D	P	R	8	E	A	-9
(Diámetro de rosca) B ..... 14 mm C ..... 10 mm D ..... 12 mm BK ....14 mm	P: aislador proyectado	Resistiva	(Rango térmico) 2 Caliente 4 ↑ 5 6 7 8 9 10 11 12 Frío ↓	(Alcance de la rosca) E: 19.0 mm H: 12.7 mm	S: Estándar A: Especial	(Calibración) -9: 0.9 mm -10: 1.0 mm -11: 1.1 mm Sin marca: 0.7 mm

>> Actividades propuestas

4·· Señala las partes de una bujía y realiza una breve descripción de su funcionamiento.

5·· Anota la estructura o nomenclatura de varias bujías de diferentes características y compara el resultado.

6·· ¿Qué significan las siglas BC P R 6 ES – 11 escritas sobre una bujía?

7·· Desmonta las bujías de varios vehículos y comprueba la calibración de los electrodos. Haz el reglaje en los casos en que sea necesario.

1.57. Bujía estándar. Fuente NGK.

4.6 > Tipos de bujías

Se puede realizar una clasificación de las bujías atendiendo a diferentes aspectos.

Bujías estándar

Este tipo de bujías cuentan con unas características básicas e imprescindibles (figura 1.57):

- Máxima disipación del calor gracias al electrodo central con núcleo de cobre insertado profundamente.
- Poseen alta resistencia y alta conductividad, debido al aislador cerámico de alúmina de altísima pureza.
- Son completamente herméticas gracias a los polvos selladores entre el aislador y el casquillo metálico.
- Tienen durabilidad superior, asegurada por la aleación especial de níquel con la que se fabrica la punta del electrodo.

Bujías de platino y de iridio

Las innovadoras bujías con metales preciosos de platino (figura 1.58) y de iridio están especialmente desarrolladas para asegurar el encendido en las condiciones operativas más extremas, ofreciendo las siguientes ventajas:

- El platino y el iridio permiten usar un electrodo central muy fino, reduciendo de este modo el voltaje necesario para el encendido y consiguiendo así una seguridad absoluta en el arranque.
- Las bujías de iridio ofrecen el máximo poder de inflamación, bajas emisiones y hasta dos veces más kilometraje que las bujías de platino.
- Las chispas acceden mejor a la mezcla dada la forma de los electrodos obteniendo una combustión más estable.
- Los electrodos presentan una resistencia extraordinaria a la erosión y a las altas temperaturas, haciendo que el desgaste sea más lento. Cabe esperar una duración como mínimo dos veces superior a la de las bujías convencionales.

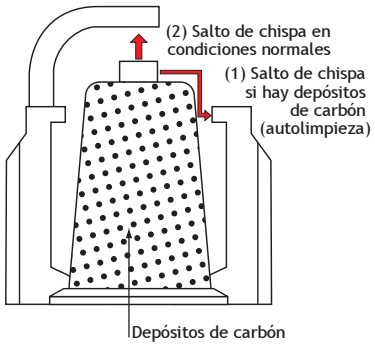
1.58. Bujía de iridio. Fuente NGK.

Hoy en día las bujías de platino están cada vez más en desuso, cogiendo su relevo las bujías de iridio. Estas bujías son un ejemplo de bujías de altas prestaciones realizadas con materiales preciosos.

Las bujías de platino tienen 0,8 mm de diámetro en electrodo central mientras que las de iridio tienen un diámetro de 0,6 mm.

Bujías con galga auxiliar

En las bujías con galga auxiliar (figura 1.59), la tensión del encendido, en caso de haber acumulaciones de carbonilla importantes, fluirá a través del aislador, creando una chispa de encendido en el punto del cuerpo de la bujía más cercano a la punta del aislador. De este modo, la mezcla siempre se inflama sin problemas y el motor arranca de inmediato.

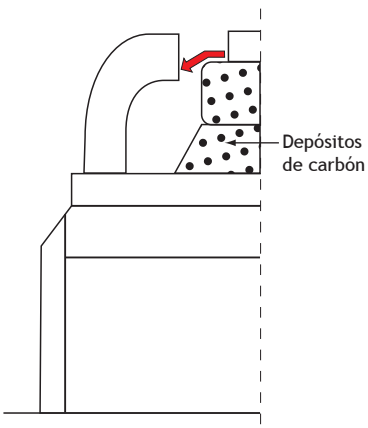


1.59. Bujía con galga auxiliar.

Bujías de descarga semisuperficial

Las bujías de descarga semisuperficial cuentan con un electrodo central de platino y su principio de funcionamiento está basado en la idea de que las chispas que se desplazan sobre la punta del aislador deshacen los depósitos carbonosos (figura 1.60).

De este modo, la chispa salta de la punta del aislador hasta el electrodo de masa y la mezcla aire-gasolina se inflama sin ningún problema.



1.60. Bujía de descarga semisuperficial.

Bujías con resistencia incorporada

Las bujías con resistencia incorporada tienen una resistencia cerámica de 5 kΩ que evita el funcionamiento incorrecto de los sistemas electrónicos del vehículo (inyección, encendido, ABS, airbag, etc.) además de reducir el desgaste por quemaduras de los electrodos.

Este tipo de bujía incorpora la letra R antes del código de grado térmico. Por ejemplo, una bujía B P 6 E S con resistencia incorporada se denominará B P R 6 E S.

Bujías con varios electrodos de masa

La erosión es un fenómeno continuo por el que en cada encendido se desprenden moléculas del material del electrodo. Este fenómeno es el motivo del desgaste del material y del aumento del espacio de chispa. Dicho aumento no puede sobrepasar ciertos límites ya que la tensión de encendido necesaria, que depende principalmente del espacio de chispa, se incrementa demasiado, produciendo fallos en el arranque. Los fallos hoy en día deben evitarse, porque aumentan las emisiones de gases contaminantes, reducen el rendimiento del motor y dañan el catalizador.

Para alargar la duración de la bujía, pueden usarse materiales más resistentes a la erosión, como por ejemplo el platino, o puede modificarse el número de electrodos de masa, es decir, instalando 2, 3 ó 4 (figura 1.61). El objetivo es garantizar la durabilidad de la bujía y la seguridad del funcionamiento del motor a largo plazo.

1.61. Bujía de cuatro electrodos. Fuente NGK.

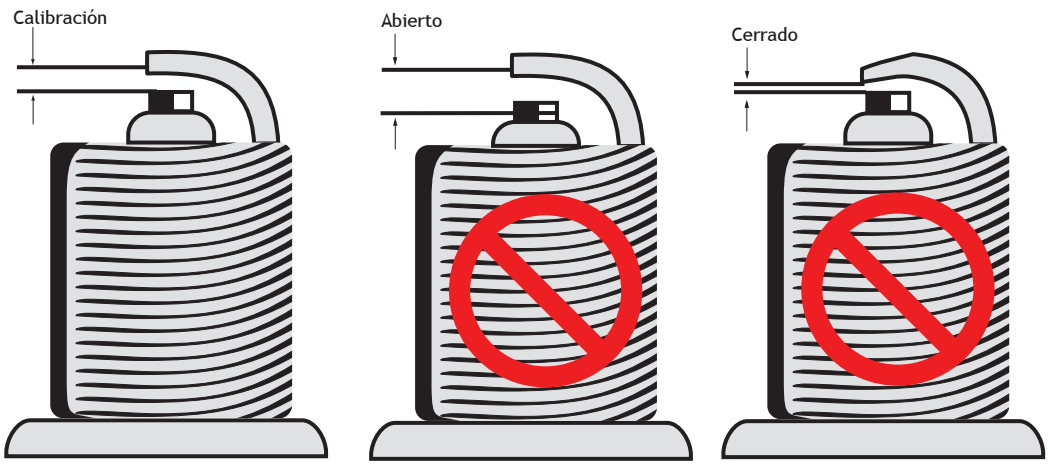
4.7 > Mantenimiento de las bujías

El mantenimiento de las bujías consiste en el reajuste regular de los electrodos y, en caso necesario, la limpieza de las bujías de encendido, entre otros.

Reajuste de los electrodos

Durante el funcionamiento del motor, la separación entre los electrodos aumenta debido al desgaste por quemadura, pudiendo llegar a producirse fallos del encendido y de la combustión. Estos fallos reducen el rendimiento y la rentabilidad del vehículo. Para evitarlos se reajusta el electrodo de masa (figura 1.62). Al efectuar el reajuste hay que prestar atención y no deteriorar el electrodo central ni el aislador. El kilometraje a que hay que efectuar el reajuste lo determinan las condiciones de servicio del motor; cuando el vehículo se utiliza en servicio normal, se recomienda realizar un control de la separación entre electrodos al cabo de un recorrido de 5 a 10 000 km. Las bujías de encendido han de sustituirse por otras nuevas a los 15 000 km o, a más tardar, a los 20 000 km.

LFR6A-11 ↓	Dimensión marcada
-5	0,5 mm
-6	0,6 mm
-7	0,7 mm
-8	0,8 mm
-9	0,9 mm
-10	1,0 mm



1.62. Ajuste de calibración.

Limpieza de las bujías de encendido

Los residuos, tales como combinaciones de plomo, hollín o carbonilla de aceite, depositados sobre la bujía ocasionan perturbaciones del encendido, pérdida de potencia y gasto inútil de combustible. Cuando haya que limpiar una bujía de encendido sucia no será suficiente con limpiarla superficialmente, sino que habrá que hacerlo incluso en el interior del cuerpo, especialmente en el pie del aislador, para que quede completamente libre de la capa de hollín, plomo y carbonilla de aceite. Es inútil limpiar solamente los electrodos.

La bujía de encendido debe ser sustituida en los siguientes casos:

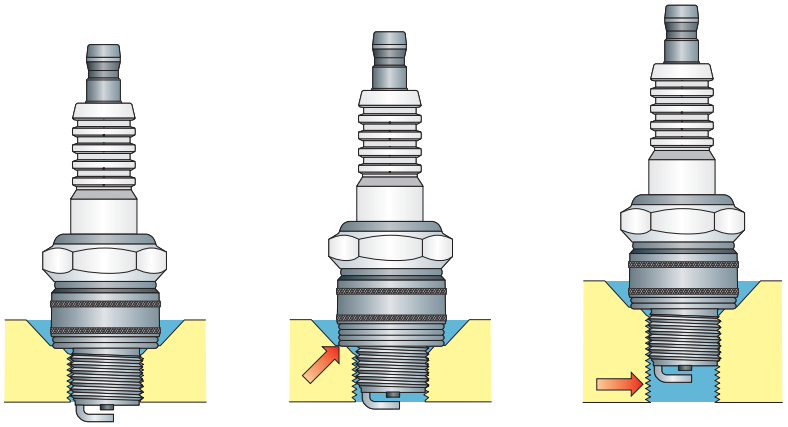
- El aislador está agrietado, roto o suelto.
- Los electrodos están muy desgastados por la erosión eléctrica.
- La rosca de fijación o el cuerpo están deteriorados.

Correcta instalación de una bujía

Al montar la bujía de encendido en el motor hay que prestar especial atención a los siguientes aspectos:

- Apretar la bujía manualmente hasta que la junta tope la cabeza del cilindro.
- Apretar la bujía con el ángulo de giro especificado por el fabricante.

En la figura 1.63 se pueden observar montajes correcto de bujía y defectos causados por un montaje incorrecto de la misma.



1.63. Montaje de las bujías.

Pares de apriete para las bujías

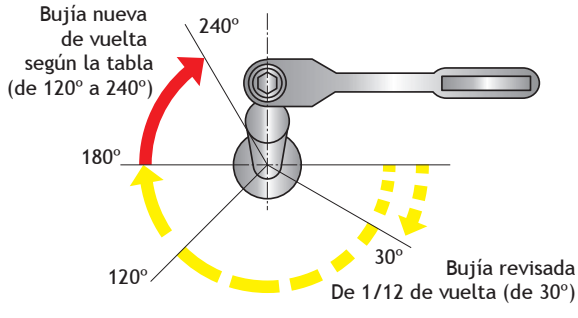
El par de apriete de una bujía es la presión necesaria con la que se aprieta la rosca de la bujía. Para esto se elige un par de apriete que garantice que la conexión no se afloje, sean cuales sean las condiciones operativas. Resulta crucial que se preste atención a los pares de apriete y a las instrucciones de instalación en el cambio de bujías (figura 1.64). En general:

- Si el par de apriete es demasiado bajo, puede producirse una pérdida de compresión y provocar daños térmicos debido a la reducción de la disipación del calor que realiza la bujía. Puede ocurrir que la bujía se afloje por sí sola, debido a un par de apriete insuficiente.
- Si el apriete está demasiado alto, la culata puede resultar dañada. Además, si sobre la bujía actúa una fuerza elevada, puede estropearse la rosca, quedando inservible.

El par de apriete puede determinarse posteriormente mediante la medición del grosor de la junta de compresión:

- Una bujía con una junta sin comprimir puede deberse a un par demasiado bajo.
- Una bujía con un junta demasiado apretada puede deberse a un par demasiado alto.

P Práctica 1



Giro de apriete (para bujía de asiento plano)		
Diámetro de rosca	Giro de apriete	
mm	Vuelta	Ángulo
8	1/3	120°
10	1/2	180°
12	1/2	180°
14	de 1/2 a 2/3	de 180° a 240°

1.64. Apriete de la bujía.

Análisis de las puntas de encendido de las bujías

La **apariencia de la bujía,** en líneas generales, puede ser buena, sucia o sobrecalentada. La **apariencia de la punta de encendido** también depende de la temperatura en la punta de la bujía.

En **condiciones normales,** aunque la bujía funcione correctamente, la punta de la bujía suele estar recubierta de depósitos marrones y grisáceos. El motor presenta un rendimiento satisfactorio y el consumo de combustible es normal. La bujía ha funcionado a su temperatura óptima de trabajo, entre 450 y 850 ºC, también llamada **temperatura de autolimpieza.**

En la tabla se resumen algunas de las posibles averías que pueden presentar las bujías:

Avería	Descripción
Aislador roto	La punta de porcelana del aislador está quebrada o rajada. La rotura suele estar causada por un choque térmico: subidas o descensos bruscos de temperatura. Si la porcelana se desprende de la bujía puede dañar cilindros, válvulas y pistones. El uso de herramientas inadecuadas para el ajuste entre los electrodos puede ocasionar también la quiebra del aislador.
Residuos de impurezas en aislador o electrodos	Las incrustaciones suelen ser de color blanco. Las pérdidas de aceite a través de los aros del pistón o la mala calidad de la gasolina generan residuos que se solidifican en la punta de la bujía.
Aislador y electrodos quemados y cubiertos por residuos granulados	Se ha producido un recalentamiento de la bujía; su temperatura ha excedido de los 850 ºC. Puede deberse a: - El octanaje es bajo. - El tiempo de encendido está excesivamente adelantado. - El sistema de refrigeración no funciona correctamente. - Mezcla aire/combustible pobre. - Apriete insuficiente de la bujía. - Bujía demasiado caliente.
Punta de encendido con depósitos de carbón	Las causas pueden ser diversas: - Circulación a baja velocidad durante largos periodos. - Mezcla aire/combustible demasiado rica. - Sistema de encendido defectuoso. - Distribuidor atrasado. - Bujía demasiado fría.
Mancha en la corona	Esta mancha aparece cuando las partículas de aceite en suspensión en el aire se adhieren a la superficie del aislador por efecto del alto voltaje. Esta situación no afecta para nada el rendimiento de la bujía.

5 >> Puesta a punto al encendido

La puesta a punto al encendido consiste en determinar el momento exacto de apertura en los contactos del ruptor, ya que en ese momento es cuando debe saltar la chispa en el cilindro.

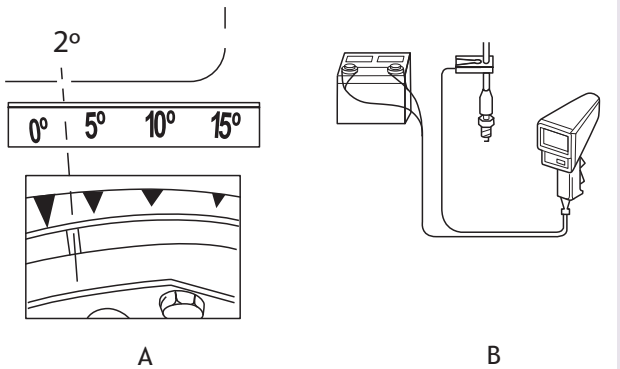
Por tanto, una vez calado correctamente el distribuidor y conexionado el resto del circuito, deberá comprobarse la puesta a punto, realizando esta operación por medio de una lámpara serie o con una lámpara estroboscópica.

P Práctica 2

Técnica

Comprobación de puesta a punto del encendido

•• Antes de comenzar la comprobación de puesta a punto al encendido se debe comprobar que los componentes del sistema de encendido están correctamente conexionados y el distribuidor perfectamente calado y puesto a punto, para que su funcionamiento quede sincronizado con los tiempos de encendido del motor, saltando la chispa en el momento adecuado y a los grados establecidos antes de que el pistón llegue a su PMS.

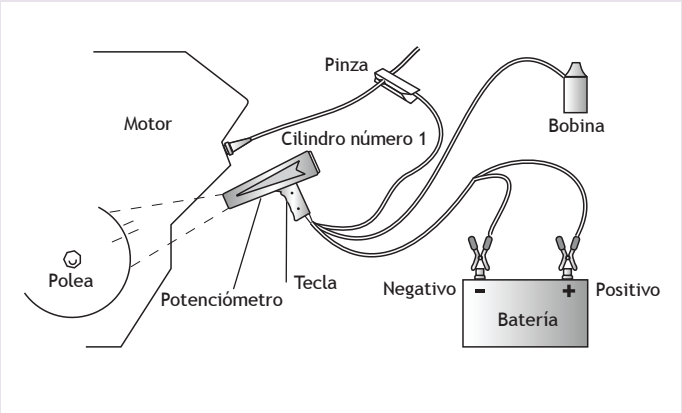


1.65. Marcas de las poleas y lámpara estroboscópica.

Para el calado o puesta a punto del encendido se deben seguir las siguientes operaciones:

- Por medio de una galga de espesores, se comprueba y si es necesario se hace reglaje de la separación máxima entre contactos del ruptor de acuerdo con las características del fabricante (0,40 a 0,45 mm).
- Se observa el sentido de giro del distribuidor y del motor. Ciertos distribuidores llevan grabado en su cuerpo una flecha que indica el sentido de giro.
- Se sitúa el primer cilindro en compresión y se mueve el cigüeñal hasta que la señal de referencia situada en la polea del cigüeñal coincida con la señal situada en la tapa de distribución teniendo en cuenta el adelanto que fija el fabricante, con lo cual se tendrá situado el pistón con el avance inicial al encendido (figura 1.65.A).
- Teniendo en cuenta la posición de montaje del distribuidor y su sentido de avance, se coloca de forma que la pipa quede en posición de mandar corriente al primer cilindro. En esta posición, se cala el distribuidor en su alojamiento del bloque.
- Se conecta una **lámpara de pruebas** en paralelo con el ruptor.
- Se comprueba que los contactos del ruptor están cerrados y a punto de abrirse, para ello se mueve ligeramente el distribuidor en sentido contrario al de rotación de la leva hasta que la lámpara se encienda (contactos abiertos = salto de chispa). El contacto móvil debe apuntar al primer cilindro. En esta posición, se fija el distribuidor al bloque por medio de la tuerca de bloqueo y se monta la tapa.

Para comprobar el punto de encendido con el motor en marcha se utiliza una **pistola estroboscópica** (figura 1.65.B), que basa su funcionamiento en el efecto luminoso. Se conectan los cables de corriente del mismo a la batería del vehículo y el cable con la pinza capacitiva sobre el aislante de la primera bujía o sobre el aislante del cable de alta que una el distribuidor con la bobina.



1.66. Puesta a punto al encendido con lámpara estroboscópica.

Al arrancar el motor y llevarlo a un régimen de 750-800 rpm la lámpara emitirá un haz de luz que, al ser dirigido sobre las marcas de la polea, permitirá apreciar la perfecta coincidencia de las mismas (figura 1.66).

Si las marcas situadas en la polea y bloque no coincidiesen, se gira el distribuidor en uno u otro sentido hasta hacerlas coincidir, con lo cual la puesta a punto es correcta.

Con la lámpara estroboscópica se debe retirar el tubo de la toma de depresión de distribuidor de encendido y taparlo, para evitar que este pueda ofrecer algún avance.

Lectura del avance fijo con lámpara estroboscópica

- Desconectar el tubo de depresión del distribuidor.
- Hacer girar el motor al ralentí haciendo coincidir con la pistola las marcas del PMS troqueladas sobre la polea y el cárter.
- Actuando sobre el potenciómetro de la pistola, comprobar que la lectura en el display de la pistola sea lo más parecida a la estipulada por el fabricante.
- Si la marca fija del avance fijo no coincidiera con la móvil, girar el distribuidor en un sentido u otro hasta hacerlas coincidir.
- Si las marcas oscilaran demasiado, controlar la cadena y demás órganos de la distribución.

Lectura del avance centrífugo con lámpara estroboscópica

- Verificar los elementos que componen el sistema de avance: los contrapesos y muelles deben estar situados correctamente, en buen estado y recubiertos con grasa.
- Desconectar el tubo de depresión del distribuidor.
- Poner en funcionamiento el motor y se lleva al régimen de revoluciones establecido por el fabricante.
- Girar el pulsador de regulación de la lámpara hasta que el display coincida con el número de grados indicado por el fabricante. Las marcas del PMS grabadas sobre cárter y polea del árbol motor deberán coincidir. El avance centrífugo será el que marque el display menos el inicial.
- Si hubiese excesiva diferencia, si la marca oscilase demasiado, no cambiara de sitio o cambiara de forma irregular en el curso de las aceleraciones, podría ser debido a que las masas centrífugas y los muelles se encontraran desgastados.
- Llevando el motor a diferentes regímenes se puede obtener la curva de avance centrífugo.

Lectura del avance por vacío con lámpara estroboscópica

- Comprobar la correcta estanqueidad del pulmón de vacío mediante un vacuómetro, observando que al realizar la aspiración se desplaza la pieza portarruptor y se mantiene la depresión efectuada.
- Conectar el tubo del depresor al distribuidor.
- Se notará un aumento del avance. Este puede ser medido volviendo a poner en coincidencia las marcas.

  Avance por depresión = avance total — (avance inicial + avance centrífugo)
- Si no existiera variación o esta resultara demasiado fuera de las zonas de tolerancia, deberán ser controladas la membrana y la placa de contacto.
- Obtener la curva de depresión realizando la prueba a distintas rotaciones de motor y actuando mediante bomba de vacío en el tubo de la cápsula de vacío.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué es el magnetismo? ¿Y el electromagnetismo?

2·· ¿Qué componentes forman parte del circuito primario y secundario del encendido convencional?

3·· ¿Cuáles son los elementos principales de una bobina?

4·· ¿Por qué el arrollamiento primario de la bobina va en la parte exterior?

5·· Explica el funcionamiento de la bobina de encendido.

6·· ¿Cuál es la función principal del distribuidor?

7·· ¿Cómo se puede subsanar el salto de chispas en los contactos del ruptor?

8·· ¿Qué nombre reciben cada uno de los contactos del distribuidor? ¿Por qué?

9·· Explica los conceptos de ángulo de cierre, ángulo de apertura y ángulo dwell.

10·· Describe la relación entre la distancia de los platinos entre sí y el ángulo de cierre.

11·· Dibuja el oscilograma de tensión primaria situando sobre él sus puntos más característicos.

12·· Escribe la definición de tramo de cierre, tensión de encendido, duración de la chispa, tensión de combustión y proceso de amortiguación correspondientes a un oscilograma de tensión de secundario.

13·· ¿Por qué es necesaria la regulación por revoluciones? ¿Y por vacío?

14·· Explica en qué consisten la detonación y el autoencendido.

15·· ¿Qué es el grado térmico de una bujía? ¿Qué tipos de bujías existen dependiendo del grado térmico?

16·· ¿Qué función principal cumplen las bujías con resistencia incorporada?

17·· ¿Para qué sirve una lámpara estroboscópica?

18·· ¿Qué ventajas tiene una bujía de iridio sobre una de platino?

19·· ¿Qué significan las siglas BC P R 6 E S – 11 escritas sobre una bujía?

20·· ¿Qué requisitos deben cumplir los cables de bujía?

21·· ¿Qué es la temperatura de autolimpieza de una bujía?

22·· ¿Cuáles son las causas de que las puntas de encendido de una bujía tengan depósitos de carbón?

.: APLICACIÓN :.

1·· Dibuja un esquema del encendido convencional diferenciando el circuito primario y secundario.

2·· Obtén y plasma sobre una tabla los ángulos de avance al encendido a diferentes revoluciones del motor.

3·· Obtén mediante un osciloscopio las curvas características del oscilograma primario y secundario.

4·· Realiza el desmontaje, limpieza y montaje de bujías sobre un vehículo.

5·· Realiza el reglaje de un ruptor.

6·· Realiza la puesta a punto al encendido con lámpara serie y con lámpara estroboscópica.

7·· Comprueba el ángulo dwell en diferentes vehículos con encendido convencional.

Caso final

Comprobación y puesta a punto del circuito de encendido

•• Un vehículo con encendido convencional llega al taller dando tirones y con muestras de fallos en el encendido. Para subsanar este problema:

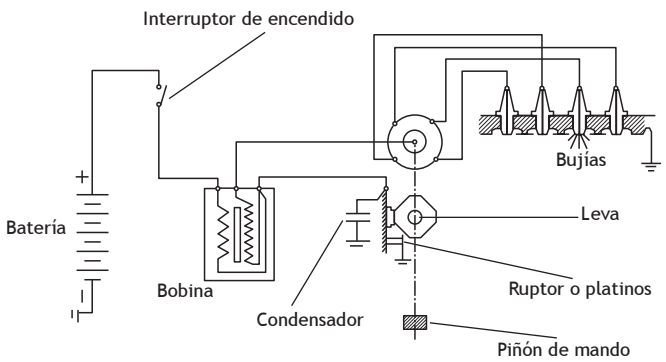
- Comprueba y verifica el correcto funcionamiento de los elementos del circuito de encendido tradicional del vehículo.
- Verifica y pon a punto el circuito de encendido.

Solución •• Comprobación de componentes.

1. Comprueba que las conexiones del circuito están en perfecto estado (figura 1.67).

2. Comprueba y realiza el reglaje de la bujía:

- Desmonta y limpia las bujías de posibles residuos de aceite con gasolina.
- Verifica la separación entre electrodos con la galga de espesores y aproxímalos o sepáralos hasta conseguir la separación recomendada por el fabricante. Esta distancia suele variar entre 0,6 y 0,65 mm.
- Monta las bujías con el apriete correcto.



1.67. Circuito eléctrico de encendido convencional.

3. Comprueba la bobina:

- Comprueba la resistencia de los arrollamientos primario y secundario de la bobina por medio de un polímetro. Para comprobar el primario de la bobina sitúa las puntas de prueba del polímetro entre los bornes 15 y 1 de la bobina, y para el secundario, entre los bornes 4 y 1 de la misma.
- Comprueba el aislamiento a masa de cada uno de los arrollamientos de la bobina. Para ello aplica las puntas de prueba entre los bornes de entrada de corriente o salida de la alta tensión y la carcasa de la bobina.
- Comprueba si existe cortocircuito entre las espiras de los arrollamientos. Para ello sitúa un amperímetro con su punta positiva a la entrada de corriente de primario y la punta de pruebas negativa al borne de salida del ruptor. El resultado debe ser inferior a 6 A.

4. Comprueba el distribuidor:

- Comprueba que la tapa no presenta golpes ni muestras de agrietamiento y además que sus contactos interiores están en perfecto estado.
- Verifica el correcto deslizamiento de la escobilla rotante o pipa.
- Comprueba que los contactos del ruptor están en perfecto estado, es decir, que no presentan cráteres en su superficie y que están correctamente alineados. Si eso no fuera así debes sustituir los contactos.
- Si los contactos tienen suciedad acumulada, limpia con papel vegetal impregnado en alcohol.
- Comprueba que los muelles del avance centrífugo se deslizan correctamente desde su posición de reposo hasta la de máximo avance y viceversa.

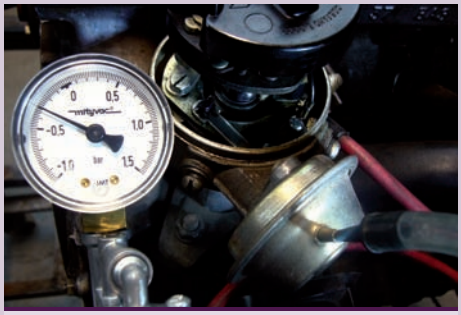
- Comprueba el desplazamiento del eje del pulmón de vacío que actúa sobre el ruptor cuando se le aplica depresión mediante un vacuómetro y que su membrana mantiene la hermeticidad del elemento (figura 1.68).
- Verifica que las conexiones del ruptor y del condensador están correctamente y su aislamiento a masa.

5. Comprueba el condensador. Desconecta el condensador e intercala un amperímetro en el circuito:

- Cuando estén abiertos los contactos del ruptor el amperímetro debe sufrir una desviación leve al pasar la corriente de descarga por él, para luego volver a cero una vez cargado.
- Si no existiese dicha desviación, el condensador se encuentra perforado; y si se mantiene la medida inicial quiere decir que el condensador está en cortocircuito.

6. Realiza el reglaje de los contactos:

- Haz girar el eje del distribuidor hasta que una de las crestas de la leva efectúe la apertura máxima de los contactos.
- Regula la separación de contactos según lo especificado por el fabricante mediante un destornillador y la galga de espesores. Esta separación suele variar entre 0,40 y 0,45 mm (figura 1.69).



1.68. Comprobación del pulmón de vacío.

1.69. Verificación de la separación de los contactos del ruptor.

Puesta a punto al encendido

1. Sitúa el primer cilindro en compresión sobre el PMS y gira el cigüeñal hasta que la señal de referencia situada sobre la polea coincida con la señal que va situada en la tapa de distribución a los grados correspondientes (figura 1.70).

2. Quita la tapa del distribuidor y gira su eje hasta que el contacto móvil quede en posición de mandar corriente al cilindro número 1. Posteriormente se cala el distribuidor en su posición pero sin apretar la tuerca o tornillo de bloqueo.

3. Conecta una lámpara de pruebas entre el borne del ruptor y masa.

4. Quita la tapa del distribuidor y verifica que los contactos del ruptor están cerrados y a punto de abrirse.

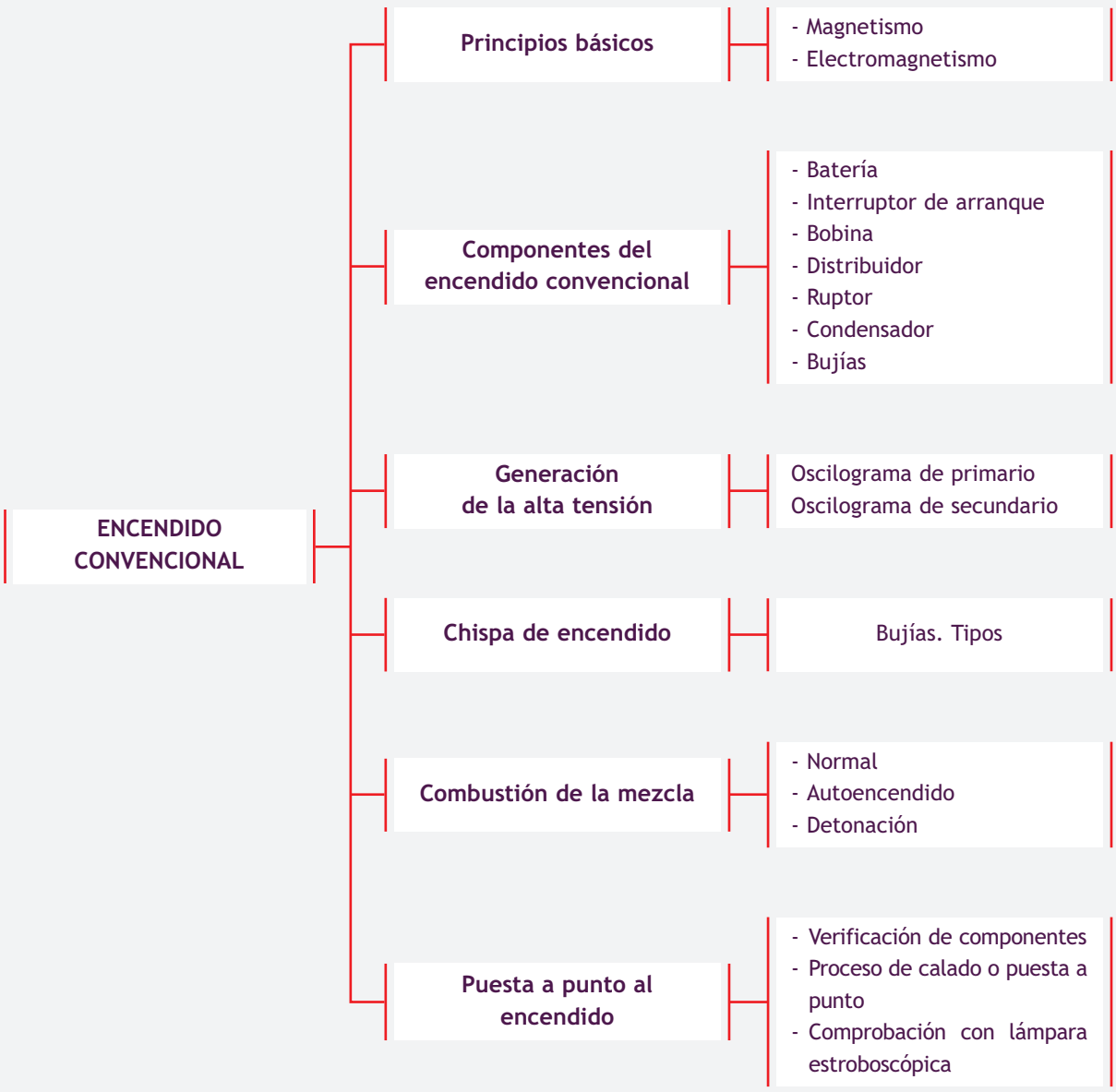
1.70. Comprobación de marcas de referencia.

5. Pon el contacto del vehículo.

6. Afloja la tuerca de fijación del distribuidor al bloque y gira el mismo ligeramente en sentido contrario al de rotación hasta que la lámpara de pruebas se encienda. Además en este punto se verificará que la pipa o rotor está dirigida al cilindro número 1. Esto indicará que en ese momento se va a producir el salto de chispa en ese cilindro.

7. En esta posición cala el distribuidor e inmediatamente después arranca el motor y comprueba su correcto funcionamiento.

Ideas clave


ENCENDIDO CONVENCIONAL
Principios básicos
- Magnetismo
- Electromagnetismo
Componentes del encendido convencional
- Batería
- Interruptor de arranque
- Bobina
- Distribuidor
- Ruptor
- Condensador
- Bujías
Generación de la alta tensión
Oscilograma de primario
Oscilograma de secundario
Chispa de encendido
Bujías. Tipos
Combustión de la mezcla
- Normal
- Autoencendido
- Detonación
Puesta a punto al encendido
- Verificación de componentes
- Proceso de calado o puesta a punto
- Comprobación con lámpara estroboscópica

BUJÍAS PARA MOTORES de INYECCIÓN DIRECTA

Una de las innovaciones más recientes en el diseño de motores de gasolina es la inyección directa. En estos motores el carburante no se inyecta hacia el tubo de alimentación, tal como sucede en los sistemas de inyección convencionales, sino directamente hacia el interior de la cámara de combustión. La cámara de combustión y la entrada de aire están diseñadas de manera que se forman unas áreas con alto contenido de combustible (mezcla rica) y otras con bajo (mezcla pobre). Este sistema de funcionamiento se denomina carga estratificada.

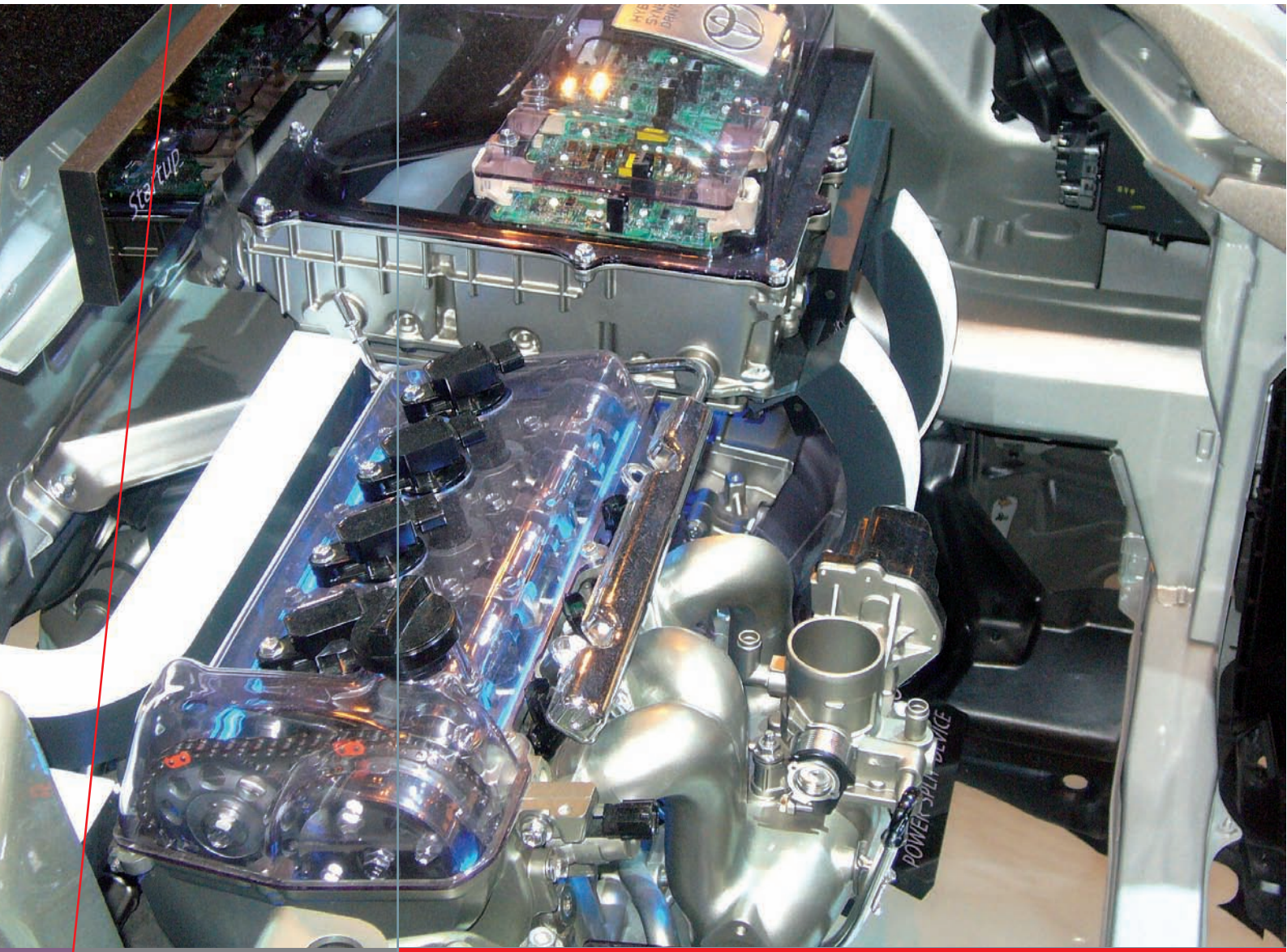
Estas condiciones de funcionamiento someten las bujías a exigencias particularmente altas, circunstancias que varían en las diferentes fases del funcionamiento: en ocasiones, la mezcla que debe encenderse es muy rica; y en otras, muy pobre. Por ello, NGK ha diseñado bujías especialmente fiables en el encendido, que cuentan, entre otras características, con un electrodo central muy fino de platino o iridio.

Para que la mezcla aire-combustible se inflame con seguridad, debe verificarse que la bujía esté situada en un área donde la riqueza de la mezcla sea suficiente.

Por lo tanto, hoy en día ya existen muchas bujías con la punta de encendido proyectada, lo cual significa que los electrodos se adentran más en la cámara de combustión. En estos casos, el sobrecalentamiento se evita gracias al núcleo de cobre de los electrodos.

El riesgo de que se formen depósitos de carbonilla sobre las bujías representa un problema para los motores de inyección, para el que NGK también ha hallado una solución. Gracias a sus propiedades geométricas, las bujías NGK tienen un efecto de autolimpieza que elimina las partículas carbonosas y mantiene la estabilidad del encendido. Estas ventajas técnicas hacen que NGK desempeñe un papel importantísimo en el desarrollo de motores GDI de Mitsubishi, Nissan, y Toyota, todos ellos equipados de fábrica sistemáticamente con bujías NGK.

Fuente: www.ngk.es



unidad 2

Encendidos transistorizados. Evolución de los encendidos

SUMARIO

- Encendidos transistorizados con y sin contactos: por generador de impulsos inductivo y de efecto hall
- Encendido electrónico integral, DIS estático y DIS integral

OBJETIVOS

- Conocer la estructura y componentes de los diferentes sistemas de encendido transistorizados, así como la evolución de los mismos hasta llegar a los encendidos totalmente electrónicos.
- Reconocer y diferenciar los diferentes tipos de encendido electrónico y comprender su funcionamiento.
- Estudiar y realizar los procesos de verificación y control de los sistemas electrónicos de encendido.

1 >> Encendido transistorizado con contactos

El encendido transistorizado con contactos es un sistema que conserva los componentes del sistema de encendido convencional, aunque los contactos o platinos manejan la bobina a través de transistores. Suelen ser usados los transistores darlington, que se utilizan como amplificadores de corriente.

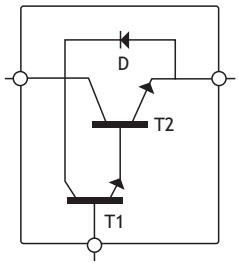
Los transistores darlington hacen que la alta corriente circulante no deteriore los contactos, haciendo que estos duren más y que la corriente de la bobina sea constante y mucho mayor, ya que el transistor puede manejar la situación sin los inconvenientes de oxidaciones, picaduras, etc. El ruptor de accionamiento por leva cumple la función de interruptor de mando o corte de la corriente primaria. De este modo, el transistor es mucho más rápido al momento de la conmutación. Se logra así un campo magnético sobre la bobina que varía de forma más violenta y por lo tanto puede entregar mejor energía a la bujía. Por tanto, se incorpora la electrónica en el circuito de encendido a fin de superar las limitaciones impuestas por el ruptor en los sistemas de encendido convencionales, como son la aparición de fallos de encendido a altas revoluciones del motor así como el desgaste prematuro de los contactos del ruptor por rebote y aparición de chispas.

1.1 > Circuito de encendido

El circuito básico de un encendido transistorizado está formado por un transistor de potencia. Este transistor sustituye en sus funciones al ruptor y se encuentra conectado de la siguiente forma:

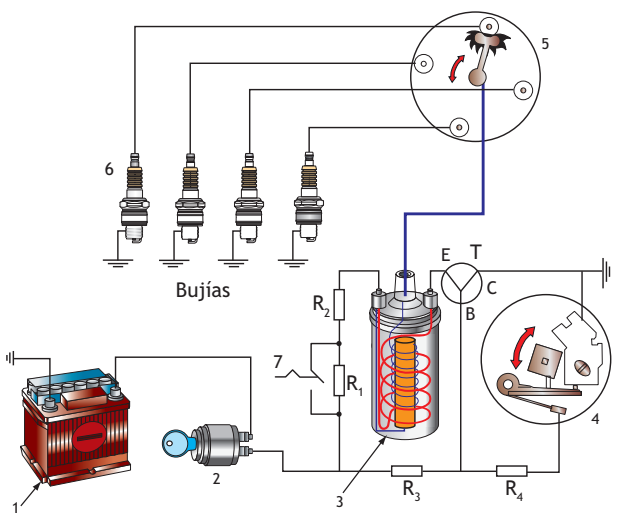
- **El emisor del transistor está conectado al primario de la bobina.**
- **El colector, a masa.**
- **La base, a los contactos del ruptor.**

El primario de la bobina de encendido puede estar alimentado a través de dos resistencias adicionales, normalmente introducidas en serie (figura 2.1).



El montaje darlington

Al acoplamiento entre dos transistores en configuración tal que los colectores están unidos a un punto común y el emisor del T1 conectado a la base del T2 se le denomina montaje darlington. La característica principal de este acoplamiento es su factor de amplificación. Este conjunto suele estar integrado en una sola cápsula, como si de un solo transistor se tratara, y se utiliza en etapas de potencia o conmutación. Se monta, por ejemplo, en la etapa final de los amplificadores de encendido. El diodo D montado en paralelo entre emisor y colector, y colocado en sentido inverso, protege al transistor de los eventuales picos de tensión que aparecen en los circuitos inductivos y que son de polaridad inversa aplicada.



1 Batería
2 Llave de contacto
R_1-R_2. Resistencias adicionales
R_3-R_4. Resistencias en puente divisor
3 Bobina
4 Distribuidor con contactos
5 Tapa del distribuidor
6 Bujías
7 Conmutador para elevación de arranque
E Emisor
B Base
C Colector
T Transistor

2.1. Esquema de un encendido transistorizado con contactos.

Durante el arranque, la resistencia R_1 tiene un cortocircuito por el interruptor de arranque. Por esta razón, en el momento de arranque la bobina recibe una tensión de alimentación más elevada, compensando la situación de arranque y la reducción de la tensión de la batería en ese momento. Una vez que el motor está en marcha, estas resistencias (R_1 y R_2) impiden una sobrecarga de la bobina de encendido, sobre todo con bajos regímenes, limitando el desgaste del ruptor. La corriente de base del transistor de mando es controlada por los contactos del ruptor. La base de funcionamiento de este transistor es que recibe tensión negativa a través de los contactos del ruptor:

- **Con los contactos cerrados** fluye una tensión de mando en la base (B) y el transistor es eléctricamente conductivo entre el emisor (E) y el colector (C). Este estado corresponde a un interruptor en la posición conectado y puede fluir corriente a través del arrollamiento primario de la bobina de encendido. Las resistencias R_3 y R_4 limitan la corriente de los contactos del ruptor además de polarizar la base del transistor de mando. El valor óhmico de R_3 es mayor que el de R_4, en consecuencia, el transistor de mando recibe una señal negativa cuando se cierran los contactos del ruptor porque la caída de tensión entre el terminal positivo y la base de transistor es mayor que la creada por R_4 entre la base del transistor y masa.
- **Con los contactos abiertos,** el ruptor interrumpe la débil corriente que llega a la base del transistor y, por tanto entre emisor (E) y colector (C) del transistor no hay conducción de corriente, por lo que este se bloquea e interrumpe la corriente primaria de la bobina de encendido y con esto se produce el salto de chispa en la bujía.

1.2 > Ventajas e inconvenientes

Las principales **ventajas** del sistema de encendido transistorizado son:

- La corriente se reduce a miliamperios. La corriente que circulaba por los contactos del encendido convencional y que los deterioraba se encontraba entre 4 y 5 amperios.
- Existe una mayor tensión disponible en las bujías, especialmente en los altos regímenes del motor.
- Utilizando un ruptor de reducido rebote de contactos, puede conseguirse que este sistema trabaje sin perturbaciones hasta 24 000 chispas por minuto.
- El mantenimiento disminuye ya que el ruptor no está sometido a grandes cargas de corriente eléctrica. Como consecuencia, su duración es mucho mayor y las averías son menores.
- Se puede utilizar una bobina con menos resistencia y menos espiras en el primario, con lo que pasaría mayor intensidad consiguiendo un campo magnético con más líneas de fuerza.
- Se suprime el condensador.

Aun así, este sistema también cuenta con una serie de **inconvenientes** que se deben tener presentes:

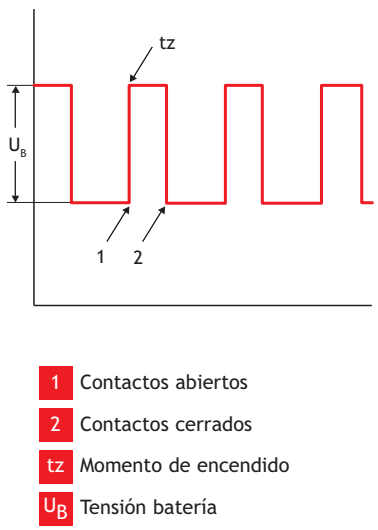
- Dependencia de las revoluciones.
- Peligrosidad de uso de bujías que se aíslan.
- Oscilaciones en el circuito de alta tensión.
- Alto consumo de corriente.

Técnica

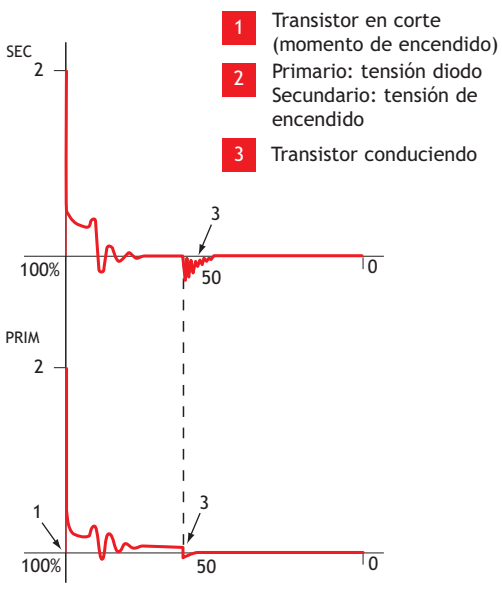
Comprobación del sistema de encendido transistorizado con contactos

Las comprobaciones más importantes a realizar se pueden resumir en los siguientes apartados:

- Comprobar mediante multímetro que con los contactos cerrados se obtiene una tensión de 0 V y con contactos abiertos, tensión de batería. Para ello conectar las puntas de prueba a la entrada de los contactos y a masa. De no darse estos resultados, comprobar la instalación del sistema.
- Comprobar que el transistor bloquea. Con el contacto dado y los contactos del ruptor abiertos se situará una punta del multímetro en el borne 15 de la bobina y la otra a masa; el resultado será de tensión de batería. En la misma prueba pero con los contactos del ruptor cerrados el valor de la tensión debe ser de aproximadamente 0,4 V.
- Obtener mediante osciloscopio la tensión de mando: puntas de pruebas en entrada de contactos y a masa. Esta debe ser rectangular de acuerdo con la apertura y cierre de los contactos (figura 2.2).
- Obtener los oscilogramas de primario y secundario del sistema. La única diferencia respecto al encendido convencional es que no existe en el circuito primario la oscilación amortiguada en la apertura de los contactos (figura 2.3).



2.2. Oscilograma del impulso de mando de un encendido transistorizado por contactos.



2.3. Oscilograma de circuito secundario y primario de un encendido transistorizado con contactos.

Actividades propuestas

1•• Identifica los elementos que componen un encendido transitorizado con contactos sobre un vehículo del taller.

2•• Comprueba el estado de los contactos de un encendido transistorizado y realiza su reglaje.

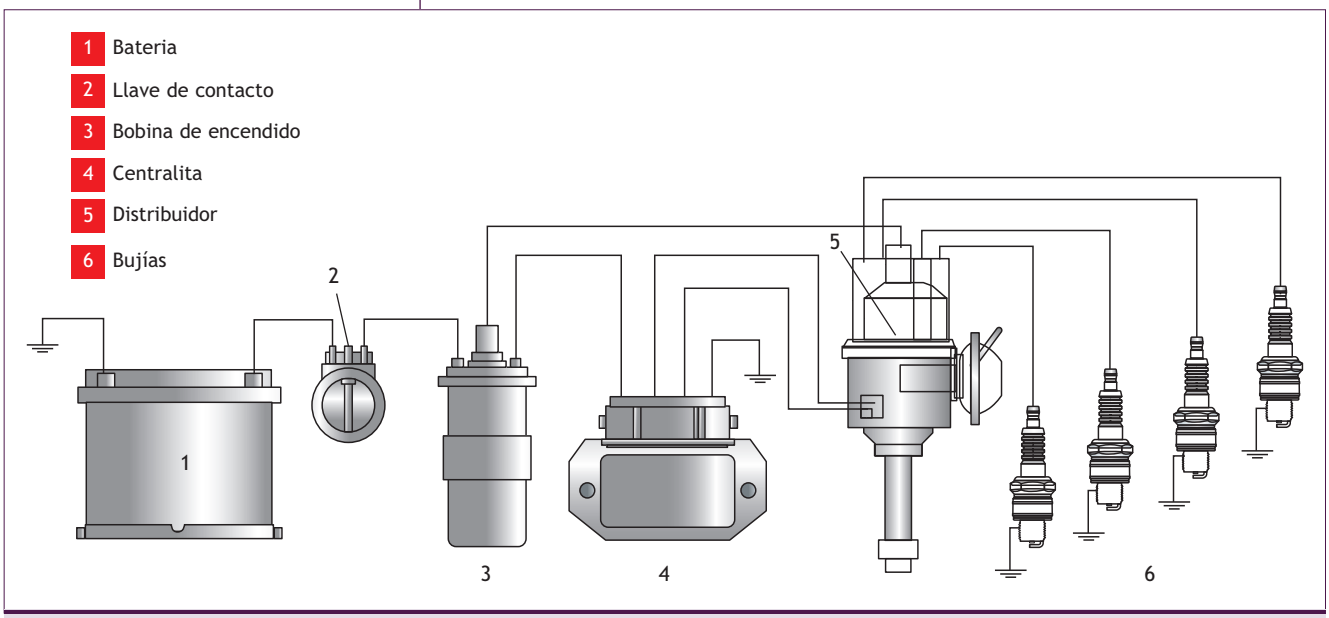
2 >> Encendidos transistorizados sin contactos o con ayuda electrónica

Una evolución importante del distribuidor fue sustituir el ruptor por un generador de impulsos y eliminar el condensador. Con este tipo de distribuidores se consiguió un sistema de encendido electrónico sin contactos, sustituyendo el elemento mecánico.

Un encendido electrónico sin contactos (figura 2.4) está compuesto básicamente por una etapa de potencia con transistor de conmutación y un circuito electrónico formador y amplificador de impulsos alojados en la centralita de encendido (4). A esta centralita se conecta un **generador de impulsos** situado dentro del distribuidor de encendido (5).

El ruptor en el distribuidor es sustituido por un dispositivo estático (generador de impulsos), es decir, sin partes mecánicas sujetas a desgaste. El elemento sensor detecta el movimiento del eje del distribuidor generando una señal eléctrica capaz de ser utilizada posteriormente para comandar el transistor que pilota el primario de la bobina.

Las otras funciones del encendido se mantienen, conservando la bobina (3), bujías (6) y el distribuidor con los elementos de variación del punto de encendido (regulador centrífugo y por depresión).



2.4. Esquema de un encendido electrónico transistorizado sin contactos.

El encendido electrónico sin contactos ha sido utilizado mayoritariamente por los constructores de automóviles por su sencillez, prestaciones y fiabilidad. Teniendo en cuenta el tipo de captador o sensor utilizado en el distribuidor, se pueden diferenciar dos tipos de encendido electrónico:

- Encendido electrónico con generador inductivo: **TZ-I** o **TSZ-I**.
- Encendido electrónico con generador hall: **TZ-H** o **TSZ-H**.

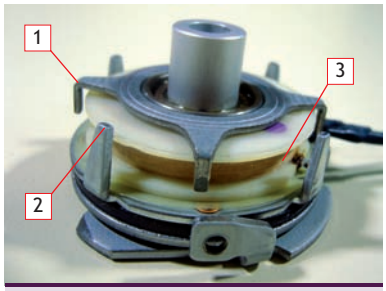
2.1 > Encendido transistorizado con generador de impulsos inductivo

Los componentes de este sistema de encendido de altas prestaciones son:

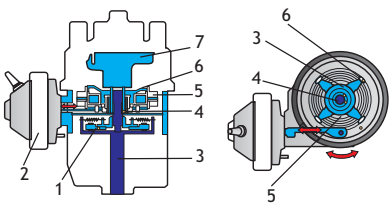
- **Generador de impulsos de inducción.** Se encuentra instalado en la cabeza del distribuidor sustituyendo al ruptor (figura 2.8). Está constituido por una rueda de aspas solidaria al eje de distribución del encendido llamada **rotor** (1). Esta produce, durante su rotación, una variación del flujo magnético del **imán permanente** (2), que induce de esta forma una tensión en la **bobina** (3) que se hace llegar a la unidad electrónica. El imán permanente, el devanado de inducción y el núcleo forman una sola unidad de construcción cerrada que se denomina el conjunto **estator** (figura 2.5). La señal eléctrica (alterna) que genera se envía a la unidad electrónica para que esta gestione el corte de la corriente del bobinado primario de la bobina y así poder generar la alta tensión que se manda a las bujías.
- El **distribuidor** cuenta con los dispositivos de avance, por fuerza centrífuga (1) y por vacío (2), que varían el punto de encendido mecánicamente (figura 2.6).
- **Unidad de control.** Recibe y trata la señal alterna del generador de impulsos con el objetivo de interrumpir la corriente primaria de la bobina (figura 2.9).

Tanto el núcleo como el rotor están fabricados a base de un acero magnético, y ambos van provistos de igual número de polos en forma de dientes, en coincidencia, generalmente, con el número de cilindros del motor (figura 2.7). Aparte del ya descrito generador de inducción de dientes múltiples, algunos fabricantes presentan modelos peculiares de un solo diente magnético, como el representado en la figura 2.10.

1 Rotor
2 Imán permanente
3 Bobina



2.5. Estator.

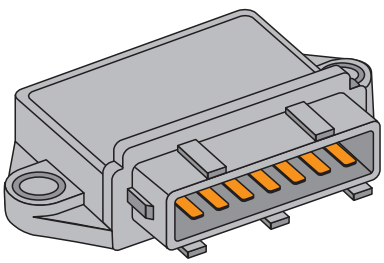


1 Contrapesos del regulador centrífugo
2 Cápsula de vacío
3 Eje del distribuidor
4 Eje hueco
5 Disco polar del generador de impulsos
6 Rotor sincronizador
7 Dedo distribuidor

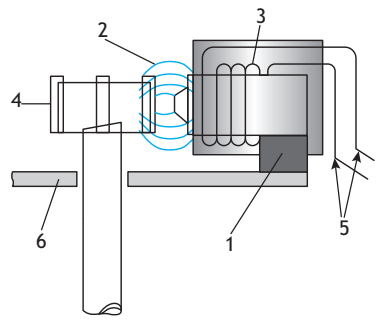
2.6. Estructura interna del distribuidor con generador de impulsos de inducción.

2.7. Distribuidor de encendido con generador de impulsos de inducción.

2.8. Ubicación del generador de impulsos de inducción sobre distribuidor.

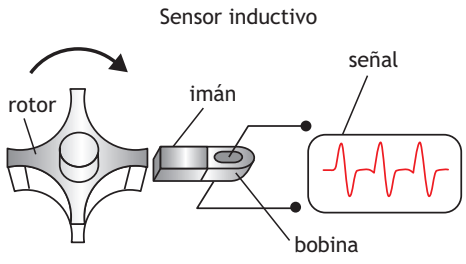


2.9. Bloque electrónico TSZ-I.



1 Imán permanente
2 Flujo magnético creado
3 Bobina
4 Rueda disparador o rotor
5 Conexiones eléctricas
6 Plato de avance

2.10. Generador inductivo de un solo diente magnético.

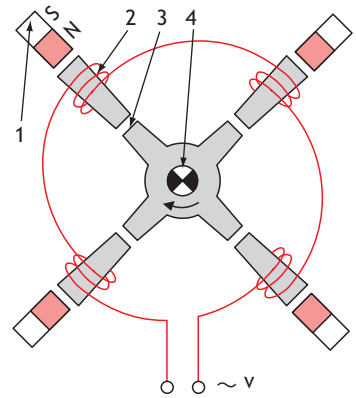


2.11. Esquema y señal de un generador de impulsos inductivo con diente magnético.

El imán permanente (1), la bobina (3) y la chapa ferromagnética de conducción van dispuestos tangencialmente respecto al rotor (4).

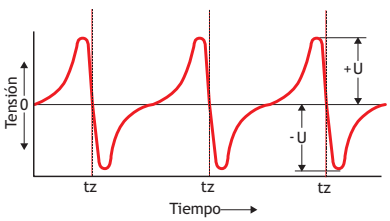
Al igual que en el generador de ruedas ya visto anteriormente, al girar el rotor se producen alteraciones del flujo magnético por los cambios en el entrehierro, con lo que en la bobina de captación se crea una tensión alterna inducida (figura 2.11).

Entre los dientes fijos y móviles hay, en oposición directa, una distancia aproximada de 0,5 mm.



1. Imán permanente
2. Bobinado de inducción con núcleo
3. Entrehierro
4. Rotor de acero magnético

2.12. Generador de impulsos de inducción.



2.13. Tensión alterna producida en el tiempo a la salida del generador de inducción.

Principio de funcionamiento del inductivo

El principio de funcionamiento del generador se basa en que, al girar el rotor, el entrehierro que queda entre los dientes del rotor y los del estator varía de forma periódica, dando lugar a una variación en correspondencia con el flujo magnético.

A medida que el rotor se acerca a una de las puntas del estator (núcleo magnético y bobina de inducción) va disminuyendo el entrehierro entre ellos (figura 2.12) y como consecuencia el flujo magnético aumenta en la bobina.

Esta variación de intensidad de flujo magnético hace aparecer en la bobina una tensión de sentido positivo (figura 2.13). Cuando el diente del rotor llega casi enfrente de las puntas del estator, la tensión alcanza un valor máximo (voltaje máximo positivo). En cuanto el diente está enfrente de las láminas, la variación del flujo magnético es nula. La tensión cae hasta hacerse cero.

En este momento se produce el **punto de encendido (tz),** es decir, el salto de chispa en la bujía. En el movimiento de rotación, la punta del rotor se aleja de las puntas del estator. La variación del flujo es muy fuerte y la tensión alcanza brutalmente su valor máximo negativo (voltaje mínimo negativo). Cuando los salientes del rotor se encuentran justo entre dos salientes del estator, las líneas de campo no reciben ningún influjo. Pueden, entonces, atravesar sin ninguna perturbación los hilos de la bobina (la tensión del generador es aproximadamente de 0 V) y el ciclo vuelve a comenzar.

En la salida del devanado de inducción se obtiene una tensión alterna con la forma de onda en función del tiempo como la de la figura 2.13. La tensión de cresta tanto positiva como negativa depende del número de revoluciones, y la frecuencia de esta tensión se corresponde con el número de chispas por minuto:

$$F = z \cdot n/2$$

F: frecuencia
z: número de cilindros
n: número de revoluciones del motor (rpm)

>> Actividades propuestas

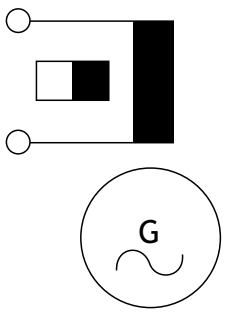
3·· ¿Qué ocurre en un voltímetro al hacer girar los salientes de la rueda polar de la bobina del generador y hacer que estos coincidan con los salientes del estator? Realiza varias pruebas en el taller y anota sobre una tabla cómo gira la aguja del voltímetro.

Circuito de encendido

Solamente el cable de dos hilos (figura 2.14) que se conecta al distribuidor revela que se trata de un circuito con generador de impulsos inductivo. La unidad de control o centralita electrónica de encendido recibe los impulsos eléctricos que envía el generador de impulsos desde el distribuidor.

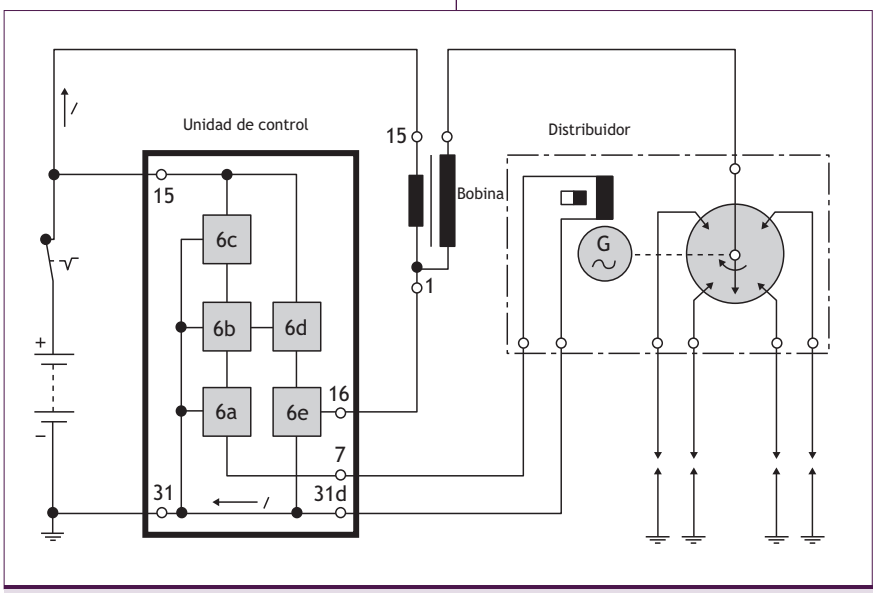
Esta centralita está dividida en tres etapas fundamentales:

- El **modulador de impulsos.** Se encarga de transformar la señal de tensión alterna que le llega del generador de inducción en una señal de onda cuadrada de longitud e intensidad adecuadas para el gobierno de la corriente primaria y el instante de corte de la misma. Estas magnitudes (longitud e intensidad de impulsos) son independientes de la velocidad de rotación del motor.
- El **estabilizador.** Tiene la misión de mantener la tensión de alimentación lo más constante posible.
- El **mando del ángulo de cierre.** Varía la duración de los impulsos de la señal conformada de onda cuadrada en función de la velocidad de rotación del motor.



2.14. Símbolo de un generador inductivo.

En la figura 2.15 se representa de forma más precisa el esquema eléctrico de una unidad de control, en el que se ven de manera simplificada la etapa de forma (6a), el control del ángulo de cierre (6b), el estabilizador (6c), el paso excitador (6d) y la etapa final darlington (6e).



2.15. Esquema eléctrico de conexionado del encendido transistorizado con generador inductivo.

El proceso de transformación de la señal del generador de inducción una vez que entra en la centralita y cómo se provoca el salto de chispa o encendido (figura 2.16) es el siguiente:

- La tensión alterna que se crea en el generador de impulsos es enviada a la unidad de control (centralita) donde el **modulador 2a,** que es un circuito electrónico multivibrador, la transforma en una onda cuadrada, adecuada para el gobierno de la corriente primaria. Esta señal de onda cuadrada pasa a continuación al circuito electrónico **2b de mando del ángulo de cierre,** que realiza una modificación de la longitud de los impulsos, adaptándolos a la velocidad de rotación del motor para así poder gobernar el ángulo de cierre, es decir, para poder adecuar el tiempo de conducción del primario de la bobina al régimen de giro del motor, de manera que en cualquier condición de funcionamiento se alcance siempre el valor máximo de la corriente primaria y se obtenga la saturación magnética. Esto se logra haciendo que el instante de comienzo del paso de corriente por el arrollamiento primario se adelante en el tiempo a medida que aumenta el régimen de giro del motor, en lo que se conoce como **ángulo de cierre variable.**

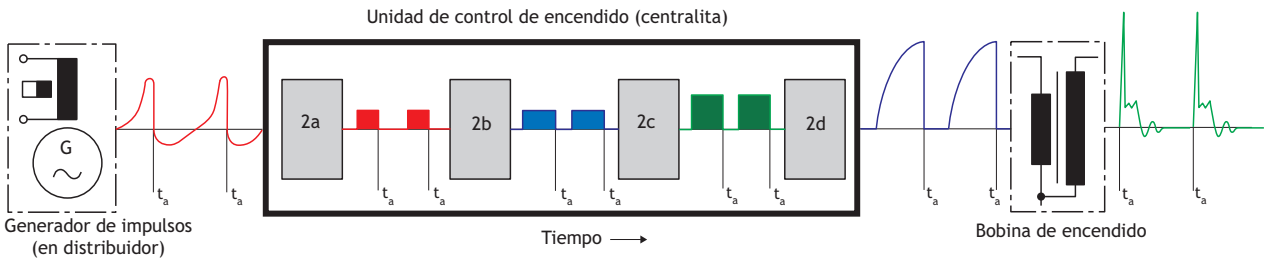
P Práctica 3

Número de terminales de un generador inductivo

Hay distribuidores con generador inductivo que también tienen tres terminales.

tz Instante del encendido
2a Conformador de impulsos
2b Control del ángulo de cierre
2c Excitador
2d Etapa final darlington

- Seguidamente, la señal pasa a la **etapa de excitación 2c,** que amplifica los impulsos y los adapta para el gobierno posterior por medio de un transistor darlington en la etapa de potencia 2d.
- La **etapa de potencia 2d** se encarga de cortar o dar paso a la corriente primaria para que se produzca la alta tensión en el secundario de la bobina.



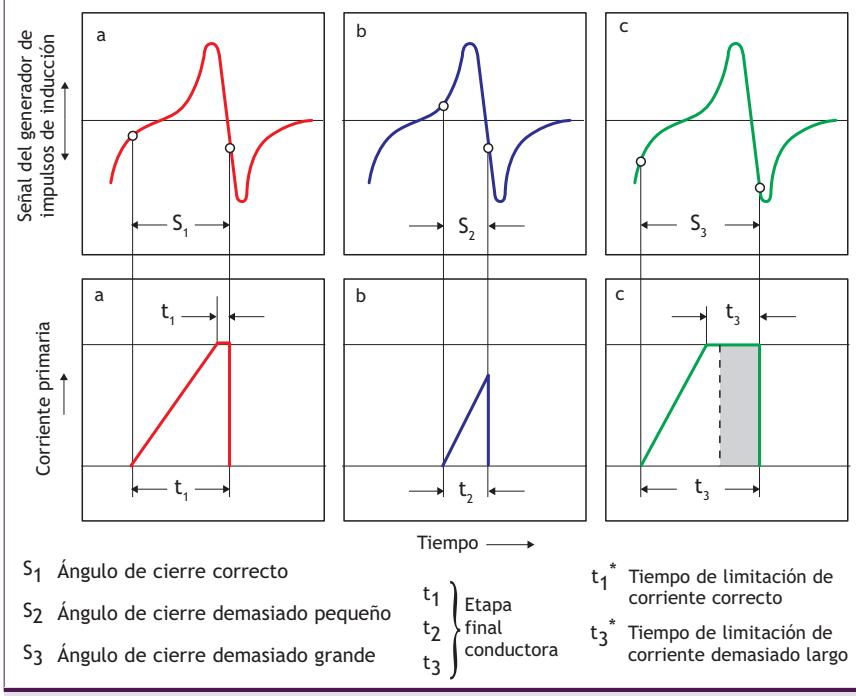
2.16. Esquema de procesos de un encendido TSZ-I.

Para obtener suficiente energía de encendido en la zona de regímenes de giro más altos del motor en este sistema, donde los tiempos de cierre son muy cortos, se recurre al empleo de **bobinas de encendido de baja inductancia** combinadas con resistencias en serie.

El objetivo de conseguir una energía de encendido suficiente a regímenes de giro altos se logra también regulando el ángulo de cierre (figura 2.17), de forma que aumente en función de la velocidad de rotación del motor. De esta forma, el tiempo de cierre es mayor con los regímenes de giro altos del motor, permitiendo el paso de corriente primaria suficientemente alta.

En las funciones de regulación del ángulo de cierre es preciso tener en cuenta dos condiciones importantes:

- En ningún caso debe modificarse el punto de encendido por la inclusión de las funciones de regulación del tiempo de cierre.
- El ángulo de cierre no debe aumentarse en exceso, de manera que con el comienzo anticipado del cierre, la duración de la chispa se acorte hasta el punto de poner en peligro la combustión completa de la mezcla.

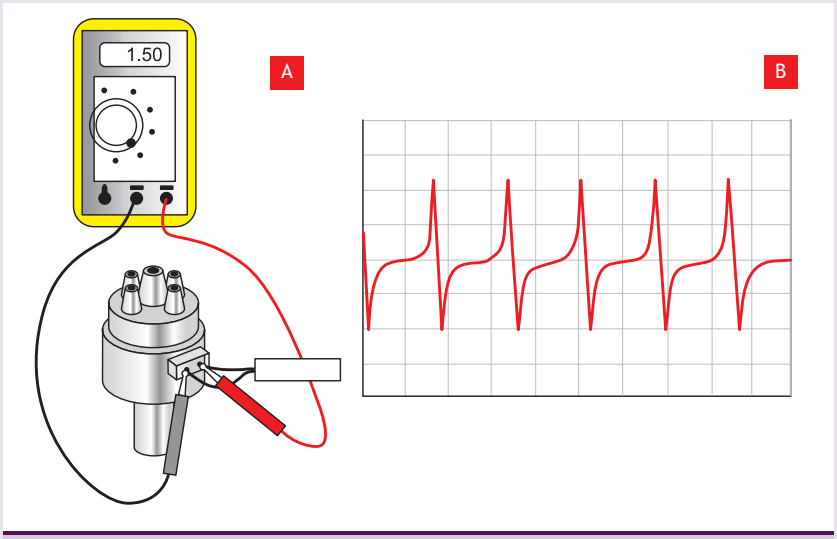


2.17. Variación del ángulo de cierre por desplazamiento del nivel del disparador en un encendido con generador inductivo.

Técnica

Comprobación del sistema

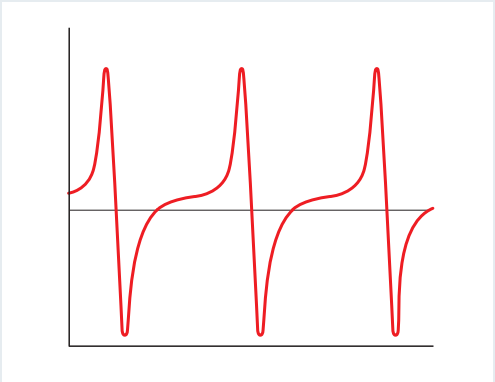
- Comprobar las conexiones.
- Verificar el entrehierro entre las distintas puntas de rotor y estator mediante una galga de espesores antimagnéticas. La medida se debe comparar con la suministrada por el fabricante, aunque debe estar comprendida entre 0,5 y 0,8 mm.
- Comprobar la resistencia de la bobina del generador y compararla con la suministrada por el fabricante (figura 2.18.A).
- Con el contacto dado, el voltímetro en corriente alterna y las puntas de pruebas en paralelo con el generador de impulsos, obtener la tensión del generador que será, como mínimo, de 2 V de pico a pico. Al ir aumentando de revoluciones el valor aumenta.
- Obtener mediante un osciloscopio la señal alterna del generador de impulsos cuando el motor está girando (figura 2.18.B)



2.18. Comprobación de la resistencia del generador inductivo y señal de un generador inductivo.

Actividades propuestas

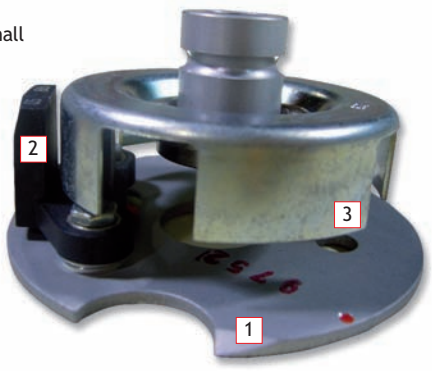
4•• El siguiente oscilograma de señal de tensión corresponde a un encendido transistorizado a revoluciones medias. Señala a qué corresponde cada sección del oscilograma.



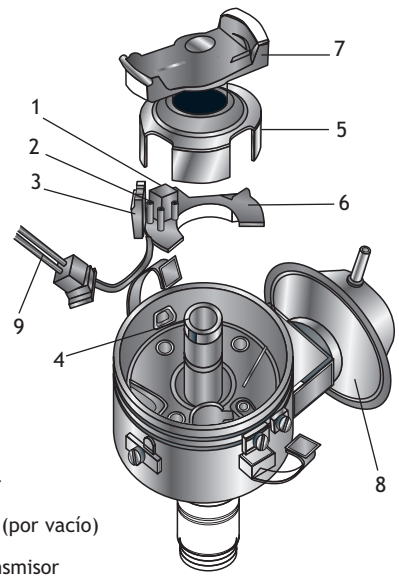
2.19. Señal de tensión del generador inductivo.

5•• Averigua la tensión que suministra el generador inductivo a bajas y altas revoluciones.

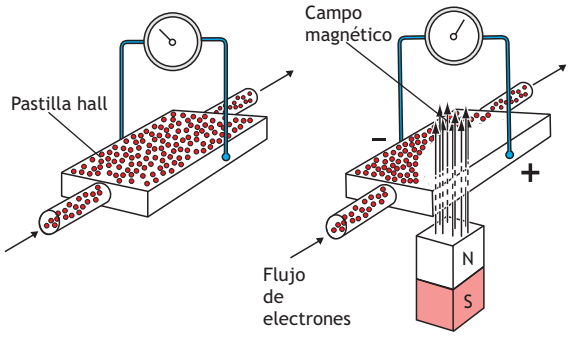
2.2 > Encendido transistorizado con generador de impulsos de efecto hall



2.20. Conjunto hall.



2.21. Despiece del distribuidor de encendido con generador hall.



2.22. Efecto hall de los semiconductores.

Este sistema de encendido está formado por los siguientes componentes (figura 2.20):

- Dentro del distribuidor se encuentra una placa (1), en donde va a quedar instalado el generador en sustitución de los platinos. Este está constituido por una parte fija, que se compone de un circuito integrado hall (2) (alimentado por corriente continua) y un imán permanente con piezas conductoras. La parte móvil del generador está formada por un tambor obturador (3), que tiene tantas pantallas como cilindros tenga el motor.
- Un distribuidor (figura 2.21) de encendido similar al del encendido convencional. En él se siguen conservando el pulmón y los contrapesos para avance dinámico de encendido.
- Bloque electrónico, encargado de cortar o restablecer la corriente del primario de la bobina en función de la señal recibida por el impulsor hall.
- La bobina de encendido es similar a la de un encendido convencional. La tensión generada en su secundario supera los 30 000 V.

Principio de funcionamiento del hall

El generador hall basa su funcionamiento en el **efecto hall** de los semiconductores.

> **El efecto hall se produce cuando un semiconductor es recorrido por una corriente y sometido a un campo magnético, generando en sus extremos una diferencia de tensión.**

La figura 2.22 representa el funcionamiento de un sensor de efecto hall. Una pequeña pastilla contiene el material semiconductor.

Cuando es sometido a la acción de un campo magnético, las líneas de fuerza producen un desplazamiento interno de los electrones, desviados perpendicularmente a la dirección de la intensidad y a la dirección del campo magnético. Esto origina que aparezca una diferencia de cargas y, por tanto, de tensión entre los extremos del elemento sensor, con un valor proporcional a la intensidad del flujo magnético.

La pastilla hall va montada sobre un circuito integrado que se encarga de conformar la señal. El funcionamiento del generador de impulsos de efecto hall se basa en crear una barrera magnética para interrumpirla periódicamente.

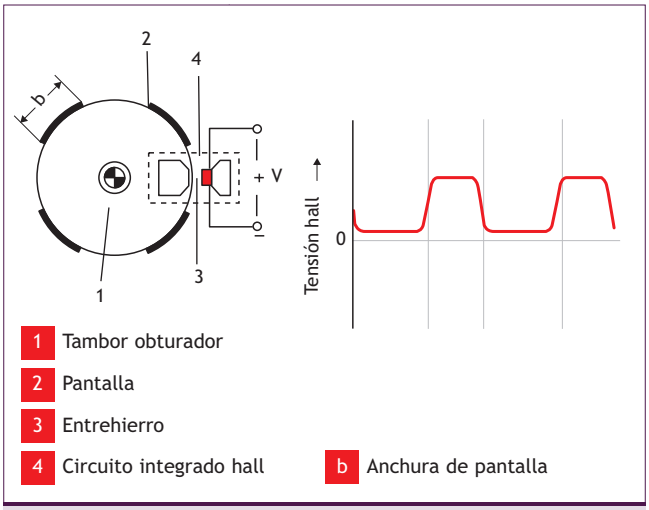
De esta forma se genera una señal eléctrica (onda cuadrada) que se envía a la centralita electrónica, que determina el punto de encendido (figuras 2.23 y 2.24).

- Cuando una de las pantallas del obturador se sitúa en el entrehierro de la barrera magnética, desvía las líneas de fuerza magnéticas impidiendo que pase el campo magnético al circuito integrado. En este momento se dice que se **desconecta la tensión hall,** y la tensión del transmisor aumenta notablemente a la salida del distribuidor de encendido, quedando **conectada** la corriente primaria.
- Cuando la pantalla del tambor obturador abandona el entrehierro, el campo magnético es detectado otra vez por el circuito integrado generándose el efecto hall, es decir, los electrones son desviados lateralmente, y según la diferencia de cargas se crea la **tensión hall (suele ser de 4 a 6 V)**. Justo en este momento tiene lugar el encendido ya que la tensión del transmisor se pone a cero desconectándose la corriente primaria y formándose de esta manera la alta tensión.

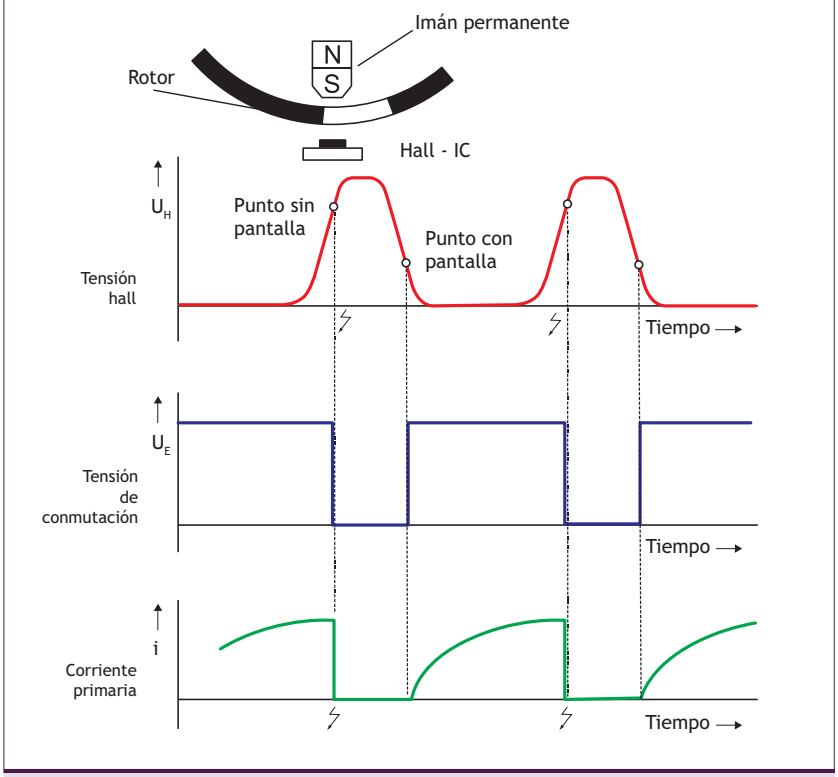
El **ancho de las pantallas** determina el tiempo de conducción de la bobina y el ángulo de cierre.

Cuando el motor gira, el obturador va abriendo y cerrando el campo magnético hall generando una señal de onda cuadrada que va directamente al módulo de encendido. El sensor hall está alimentado directamente por la unidad de control a una tensión de 7,5 V aproximadamente.

La tensión obtenida a la salida del módulo electrónico, una vez tratada y amplificada, se corresponde con un valor alto (de 5 a 12 V) cuando la pantalla tapa el campo magnético, y un nivel bajo (de 0 a 0,5 V) cuando la ventana descubre el imán.



2.23. Barrera magnética y curva de tensión de un generador hall.

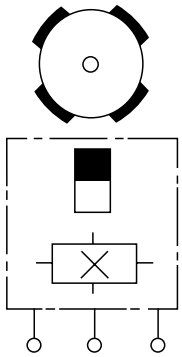


2.24. Diagrama de impulsos del encendido con generador por efecto hall.

Actividades propuestas

6·· ¿Por qué no se puede utilizar la señal hall directamente para excitar la unidad de conmutación del encendido?

7·· ¿Qué parte del rotor con pantalla determina el tiempo de cierre y el ángulo de cierre?



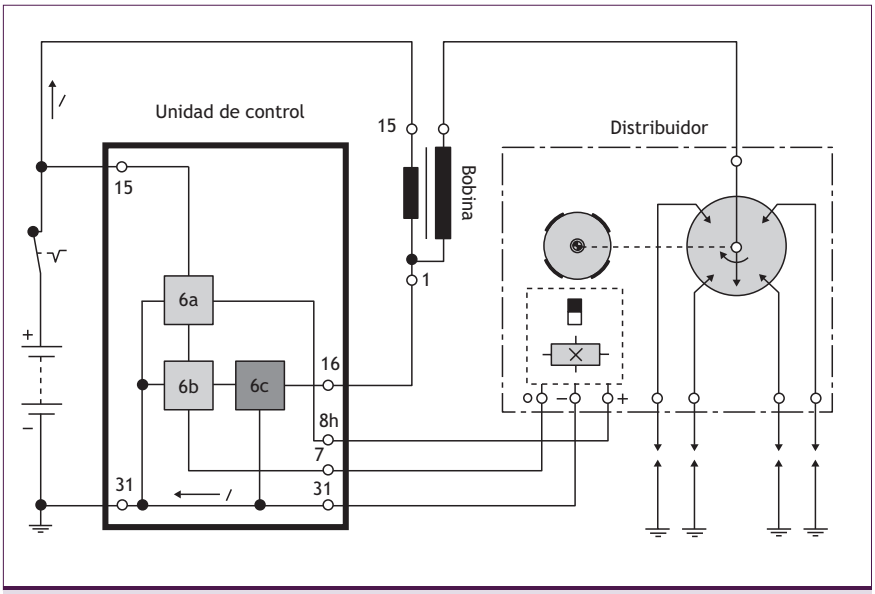
2.25. Símbolo del generador de impulsos hall.

Circuito de encendido

El sensor de efecto hall se conecta con la unidad de control por medio de tres hilos conductores (figura 2.25). Uno de ellos es tensión de alimentación (15 y 8 V) de llave de contacto, señalada con el signo +; el otro es masa con el signo −, y el tercero es el señalado con el signo o, que va a indicar junto con − el valor de la tensión hall. El circuito hall se alimenta de corriente por los bornes + y −, y las señales de mando a la unidad de control se transmiten por el borne o. La tensión de alimentación suele ser de 5 a 12 V.

La figura 2.26 muestra el esquema eléctrico de conexiones, donde se aprecia que dispone de tres etapas funcionales:

- La de potencia (6c), que incluye el transistor de conmutación darlington que comanda el primario de la bobina de encendido.
- La etapa moduladora y amplificadora de los impulsos (6b).
- La etapa estabilizadora de la tensión (6a).



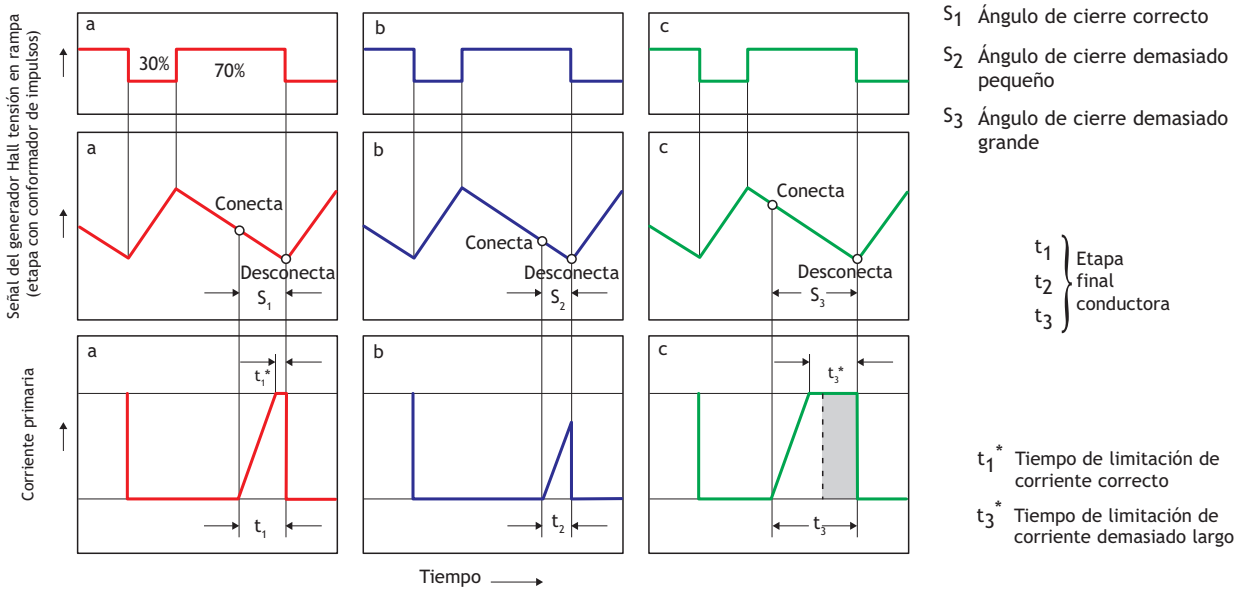
2.26. Esquema eléctrico de conexionado del encendido transistorizado con generador de impulsos de efecto hall.

Cuando ninguna de las pantallas del rotor se encuentra en el entrehierro de la barrera magnética, el circuito integrado hall se pone a masa y en la entrada de la unidad de conmutación (borne 7) hay una tensión de 0,5 V aproximadamente. Con esta tensión el paso excitador (6b) no puede ser cebado y la etapa final de la unidad de conmutación (6c) de encendido interrumpe el paso de corriente primaria por el arrollamiento primario, y se produce el salto de chispa.

Por el contrario, cuando una de las pantallas del rotor penetra en el entrehierro de la barrera magnética, el circuito integrado hall bloquea, y en la entrada de la unidad de conmutación (borne 7) hay una tensión de aproximadamente 2 V (más tarde amplificada de 5 a 12 V), suficiente como para que la etapa final de conmutación de encendido se ponga a masa, cerrándose el circuito primario de la bobina.

La unidad de control tiene la misión de hacer conducir o interrumpir el paso de corriente por el transistor de potencia o, lo que es lo mismo, dar paso o cortar la corriente a través del primario de la bobina de encendido; pero, además, también efectúa otras funciones sobre la señal del primario de la bobina:

- **Limitación de corriente**. Este tipo de encendidos utiliza una bobina con una resistencia del arrollamiento primario muy bajo (valores inferiores a 1 Ω) que permite que el tiempo de carga y descarga de la bobina sea muy reducido. Debido a esto, la corriente puede llegar hasta 15 A a bajos regímenes, lo que podría dañar la bobina y la centralita. Para evitar esto, la unidad de control incorpora un circuito que se encarga de controlar la intensidad del primario a un máximo de 6 A.
- **Regulación del tiempo de cierre.** La gran variación de tiempo entre dos chispas sucesivas a altas y bajas revoluciones hace que los tiempos de carga sean muy dispares produciendo tiempos excesivos de saturación de la bobina de encendido en algunos casos y energía insuficiente en otros.
  Para evitar esto, el módulo incorpora un circuito de control que actúa en función de la saturación del transistor darlington para ajustar el tiempo de cierre al régimen del motor (figura 2.27).



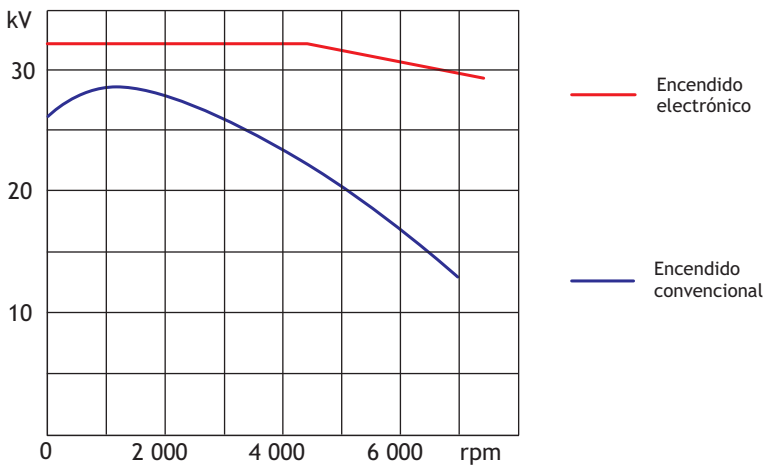
2.27. Variación del ángulo de cierre por desplazamiento del nivel del disparador, caso del generador hall.

Los sensores de efecto hall también se utilizan en los automóviles para medir velocidades de rotación o detectar la posición de un determinado elemento. Su principal ventaja es que pueden ofrecer datos fiables a cualquier velocidad de rotación. Y sus inconvenientes son la mayor complejidad y precio con respecto a un sensor inductivo.

En líneas generales los sensores de efecto hall se suelen utilizar para detectar la posición de los árboles de levas, la velocidad del vehículo y, en algunos distribuidores, el momento de encendido. También pueden emplearse para conocer la posición del cigüeñal.

Comparación entre encendidos

En la figura 2.28 se representan dos gráficas comparativas: la tensión de un encendido electrónico y la de un encendido convencional por platinos.



2.28. Gráfica comparativa de tensión entre diferentes tipos de encendido.

En el encendido electrónico se observa que la tensión de encendido se mantiene por encima de los 30 000 V en toda la gama de funcionamiento del motor, mientras que en el encendido convencional esta tensión empieza a decaer a las 2 000 rpm del motor.

Los principales factores que determinan la superioridad del encendido electrónico con respecto al convencional son los siguientes:

- La ausencia de platinos permite un mayor paso de corriente por el primario de la bobina.
- El tiempo de cebado del primario de la bobina es mayor que el encendido electrónico, ya que el ángulo de cierre aumenta.

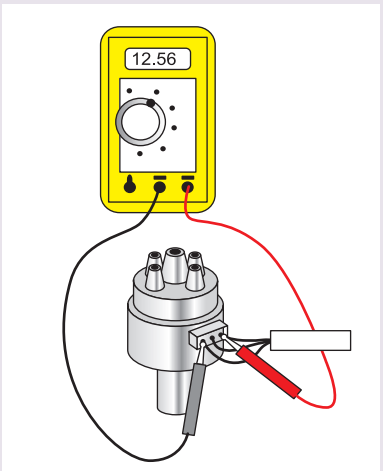
Técnica

Comprobación del sistema

En un motor con encendido por generador de impulsos hall se pueden realizar diversas comprobaciones con la finalidad de verificar el correcto funcionamiento del sistema. Para ello se utiliza un multímetro para la toma de valores y un osciloscopio para comprobar la señal de mando del generador.

A continuación se detalla cómo se deben realizar las comprobaciones más relevantes del sistema:

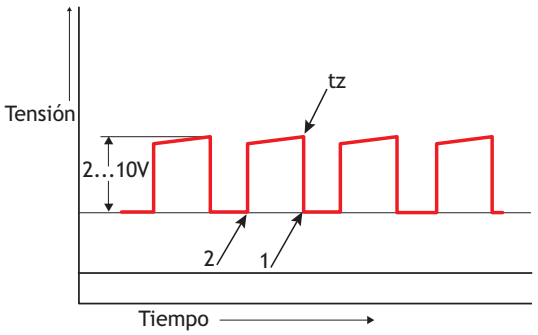
- Comprobar el estado de las conexiones.
- Comprobar que la distancia entre la parte fija y la parte móvil del generador sea la proporcionada por el fabricante para el buen funcionamiento del generador de impulsos.
- Comprobar la resistencia entre los botones + y — del sensor. Esta debe ser mayor a 1 kΩ.
- Comprobar la tensión de alimentación del generador con el contacto del motor conectado. Para ello se situarán las pinzas del polímetro entre los bornes + y — del generador. El resultado será de entre 9 y 12 V (figura 2.29).
- Comprobar la señal. Girar el motor hasta que una de las pantallas quede enfrentada con el generador hall. En este punto medir la señal de mando con un multímetro en medida de tensión para corriente continua entre los bornes o y — del generador.



2.29. Medida de la tensión de alimentación del generador hall.

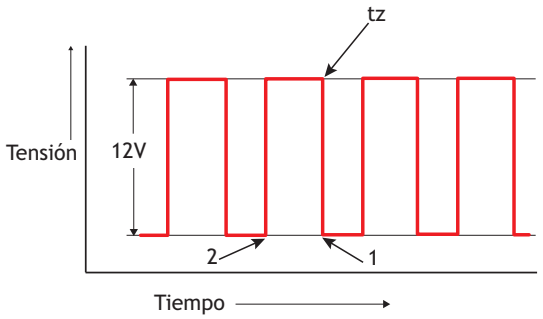
El resultado será de 3 a 8 V. De nuevo, girar el motor hasta que aparezca una ventana en la posición del generador hall. En este punto, medir la señal de mando entre los bornes o y —. El resultado será de entre 0,2 y 0,7 V.

- Con el motor en marcha obtener y verificar la señal sobre un osciloscopio. Los flancos de subida y bajada de la curva obtenida deben ser perfectamente verticales (figura 2.30 y 2.31).



1 La pantalla abandona el captador magnético
2 La pantalla atraviesa el captador magnético
tz Momento de encendido

2.30. Oscilograma del impulso de mando de un generador hall.



tz Momento del encendido
1 La pantalla abandona el entrehierro
2 La pantalla atraviesa el entrehierro

2.31. Oscilograma del impulso de mando de un generador hall en vehículos modernos.

Verificación del módulo electrónico (inductivo y hall)

El módulo de control electrónico se comprueba de la misma forma para ambos casos:

- Con el contacto dado y un voltímetro, comprobar la tensión de alimentación del módulo. El resultado será el de tensión de batería. Si este estuviera por debajo de 9,5 V el módulo puede bloquearse.
- Verificar la caída de tensión en el módulo. Para ello, conectar el positivo del voltímetro en alimentación del módulo y el negativo del polímetro a masa. Esta no deberá ser superior a 0,5 V.
- Con el contacto dado, asegurar que el negativo de la bobina tiene llegada al módulo. Para ello, conectaremos las puntas del polímetro entre el negativo de la bobina y masa. El resultado será el mismo que si conectamos las puntas entre negativo del módulo y masa, existiendo correcta continuidad.
- Verificar mediante osciloscopio la señal de mando que llega al módulo del generador.

>> Actividades propuestas

8·· ¿Cómo se puede distinguir a simple vista sobre un distribuidor si lleva generador de impulsos de tipo inductivo o hall?

9·· Comprueba las resistencias de un encendido inductivo y por efecto hall.

10·· Desmonta y vuelve a montar un encendido transistorizado con generador de impulsos inductivo y otro de tipo hall. Anota sus diferencias fundamentales.

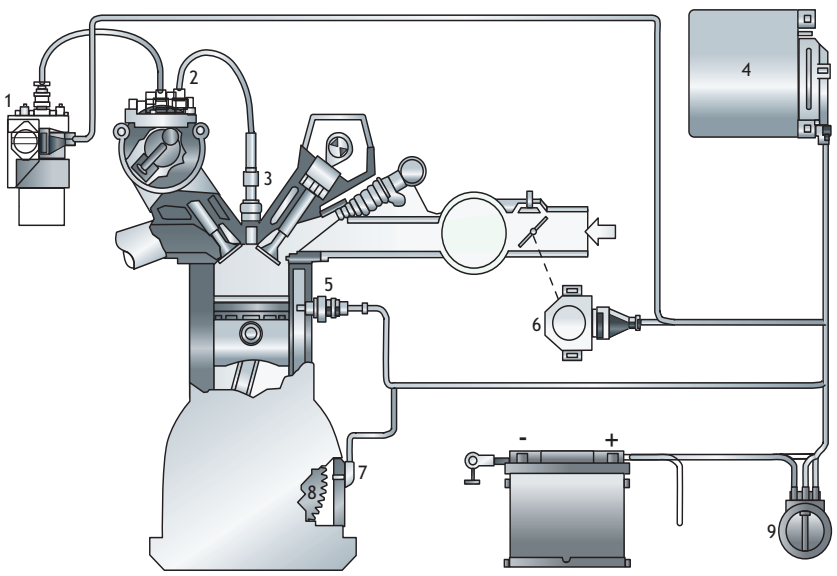
3 >> Encendido electrónico integral

En el encendido electrónico integral se suprimen el número y la composición de los componentes. Esta vez desaparecen los elementos de corrección del avance del punto de encendido (regulador centrífugo y regulador de vacío), evitando la posibilidad de desajuste. Además, también desaparece el generador de impulsos del interior del distribuidor, realizando ahora sus funciones los componentes electrónicos que son insertados en la unidad de control (figura 2.32).

El distribuidor evoluciona a la vez que se perfecciona el sistema de encendido. Este tipo de encendido se limita a distribuir, como su propio nombre indica, la alta tensión procedente de la bobina a cada una de las bujías.

En algunos casos el generador de impulsos de efecto hall se incluye en el distribuidor para informar a la UCE sobre la posición de cada uno de los cilindros del motor.

1. Bobina de encendido con etapa final de encendido integrada
2. Distribuidor
3. Bujía
4. Unidad de control (UCE)
5. Sensor de temperatura del motor
6. Sensor de posición de la mariposa
7. Sensor de revoluciones y PMS
8. Disco dentado
9. Llave de contacto

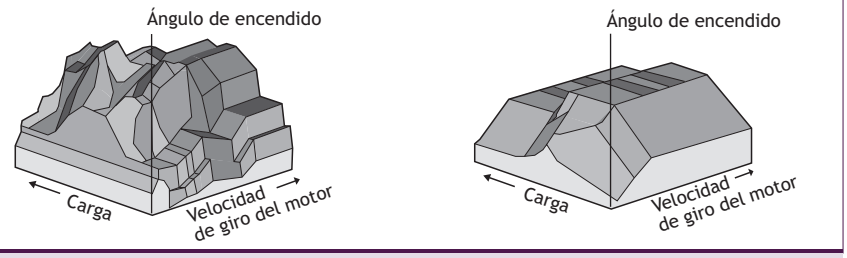


2.32. Esquema de un sistema de encendido electrónico integral.

Este sistema cuenta con las siguientes ventajas:

- Adaptación y regulación del encendido precisas en las diferentes condiciones de funcionamiento del motor.
- Es posible la inclusión de parámetros de mando adicionales, por ejemplo, la temperatura del motor.
- Buen comportamiento de arranque, mejor marcha al ralentí y consumo más reducido de combustible.
- Posibilidad de regulación de la detonación.

Las ventajas del encendido electrónico se muestran de forma más evidente mediante el campo característico del ángulo de encendido (figura 2.33).



2.33. Comparación de la cartografía del ángulo de encendido.

El campo característico de ángulo de encendido contiene para cada punto de funcionamiento del motor (cada número de revoluciones y punto de carga) el mejor ángulo de encendido elegible según la disposición del motor. Es decir, el punto de encendido se elige teniendo en cuenta factores como el consumo de combustible, gases de escape, distancia al límite de detonación, temperatura del motor, etc.

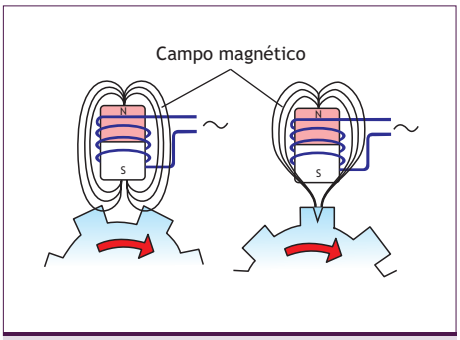
Las particularidades del sistema con respecto a los anteriores sistemas de encendido son el uso de componentes que envían señales para que la unidad de control las procese. Entre ellos se encuentran los que se detallan a continuación, teniendo en cuenta que las dos señales más importantes son las de régimen y estado de carga motor.

3.1 > Captación del número de revoluciones por generador de impulsos de tipo inductivo

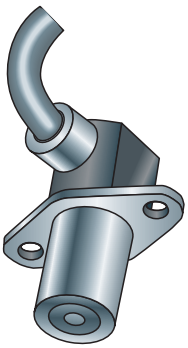
Está constituido por una corona dentada que va acoplada al volante de inercia del motor y un captador magnético frente a ella. El captador (figura 2.34) está formado por un imán permanente imantado; alrededor está enrollada una bobina donde se induce una tensión cada vez que pasa un diente de la corona dentada frente a él (figura 2.35). Como resultado se detecta la velocidad de rotación del motor.

La señal se obtiene gracias a la variación del campo magnético que produce una rueda dentada (de material ferromagnético) que al girar frente a la bobina imantada hace variar el flujo que la atraviesa, lo que induce en su interior una corriente alterna. La frecuencia de la corriente de salida es proporcional a la velocidad de la rueda.

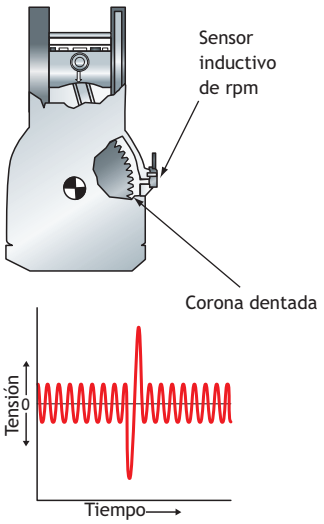
Cabe la posibilidad de que la corona dentada disponga de un diente, y su correspondiente hueco, más ancho que los demás, situado 90° antes de cada posición PMS. Cuando pasa este diente frente al captador, la tensión que se induce es mayor, lo que indica a la centralita electrónica que el pistón llegará al PMS 90° de giro después (figura 2.36).



2.35. Efecto producido por un captador inductivo.



2.34. Aspecto exterior de un captador inductivo.

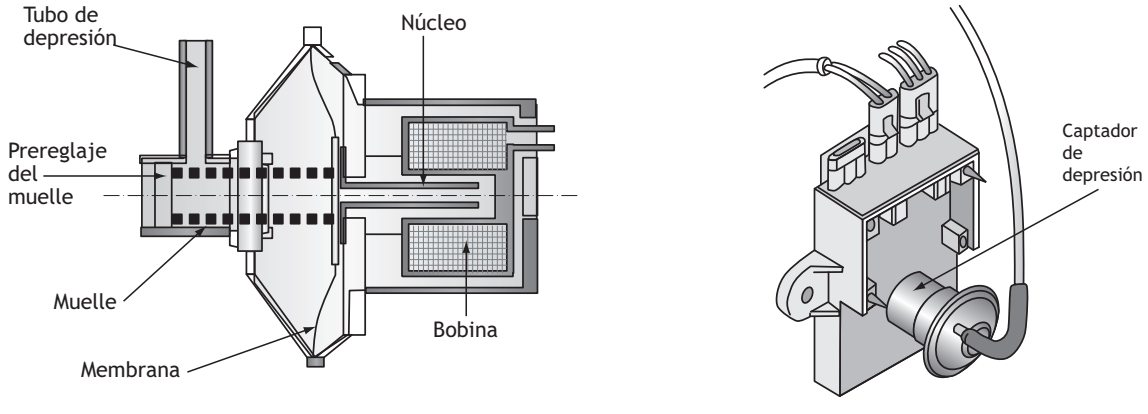


2.36. Situación del sensor de rpm y señal eléctrica que genera.

3.2 > Captador de depresión

Un captador de depresión tiene la función de transformar el valor de depresión que hay en el colector de admisión en una señal eléctrica que será enviada e interpretada por la centralita electrónica.

Su constitución (figura 2.37) es parecida a la de los distribuidores (regulador de vacío). Está formado por un núcleo que se desplaza por el interior de la bobina de un oscilador, cuya frecuencia eléctrica varía en función de la posición que ocupe el núcleo con respecto a la bobina.



2.37. Esquema de captador de depresión y montaje sobre el conjunto de encendido.

V Vocabulario

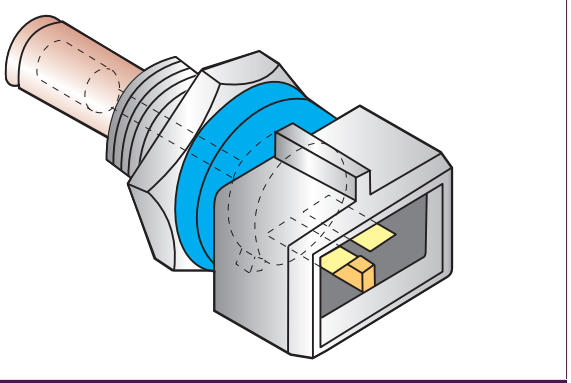
Sensor NTC (coeficiente negativo de temperatura): consta de una resistencia que aumenta al disminuir la temperatura del líquido refrigerante y viceversa. El sensor está construido a base de óxidos férricos semiconductores y su diseño puede adoptar diversas formas.

3.3 > Interruptor de mariposa

El interruptor de mariposa suministra, al ralentí y a plena carga del motor, una señal de conexión. La señal se puede detectar conectando un potenciómetro al eje de la mariposa.

3.4 > Sensor de temperatura

Un sensor de temperatura del agua de tipo NTC (figura 2.38) situado en el bloque de motor suministra al aparato de mando una señal correspondiente para la temperatura del motor.



2.38. Transmisor de temperatura del líquido refrigerante.

Cuando aumenta la temperatura a la que es sometida, su resistencia experimenta una disminución en su valor. Esta alteración, convertida en una variación de tensión, es lo que se transmite al elemento asociado para que se pueda conocer la temperatura.

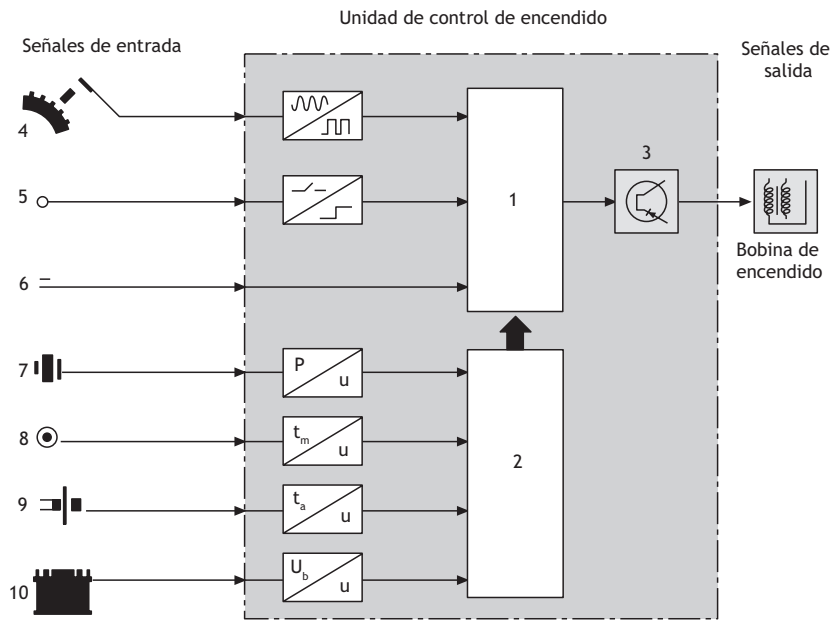
Adicionalmente o en lugar de la temperatura del motor también puede medirse la temperatura del aire de admisión a través de otro sensor situado en el colector de admisión.

La variación de una resistencia NTC por término medio es de −3 y −5% por °C, y su valor nominal se define para 25 °C.

3.5 > Centralita electrónica

La centralita del encendido electrónico integral recibe señales del captador o generador de impulsos, entre otros, para saber el número de revoluciones del motor y la posición que ocupa con respecto al PMS. También recibe señales del captador de depresión para saber la carga del motor.

El conjunto de señales que llegan a la centralita se puede observar en la figura 2.39.



1 Microcomputador
2 Convertidor analógico-digital
3 Etapa de potencia de encendido
4 Sensor de rpm y posición PMS
5 Señales de conexión (mariposa)
6 CANbus
7 Presión en el colector de admisión
8 Temperatura del motor
9 Temperatura del aire aspirado
10 Tensión de batería

2.39. Esquema de bloques de una unidad de control de encendido.

La presión del tubo de admisión, temperatura de motor, temperatura del aire de admisión y tensión de batería son magnitudes analógicas que son digitalizadas en el transformador digital analógico (2). El número de revoluciones, la posición del cigüeñal y las posiciones de la mariposa son magnitudes digitales y son llevadas directamente al microcomputador (1).

La elaboración de la señal se lleva a cabo en el microcomputador, compuesto de un microprocesador para la generación de compases. En el ordenador se calculan de nuevo para cada encendido los valores actualizados del ángulo de encendido y del ángulo de cierre, para suministrar al motor en cada punto de trabajo el momento de encendido óptimo como magnitud de salida. El circuito primario de la bobina de encendido es conectado mediante una etapa final de potencia (3) al aparato de mando electrónico.

En algunos motores, dentro de su sistema de encendido, se incluye un **captador de picado** que se instala cerca de las cámaras de combustión, capaz de detectar el inicio de picado.

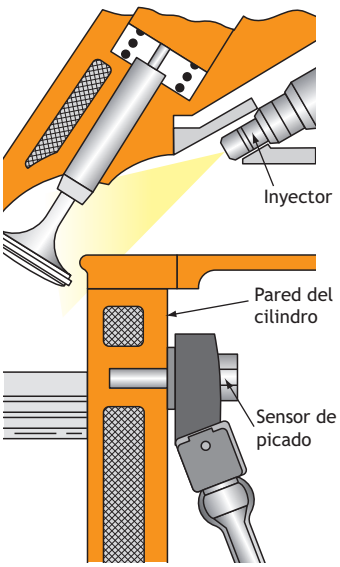
V Vocabulario

Microcomputador: contiene todos los datos, incluido el campo característico, así como los programas para la captación y el cálculo de las magnitudes de entrada y de salida.

V Vocabulario

PTC: coeficiente positivo de temperatura. Las resistencias PTC aumentan su valor con la temperatura, aunque solo se cumple entre determinadas temperaturas fuera de las cuales el coeficiente puede ser cero o incluso negativo.

Una importante aplicación de la resistencia PTC son las bujías de incandescencia para motores diésel.

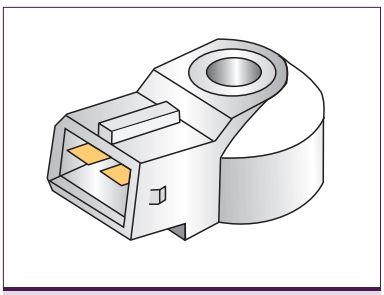


2.40. Situación del sensor de picado en el bloque.

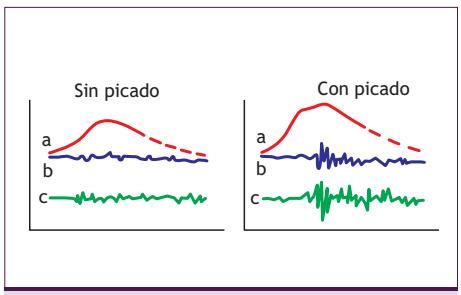
3.6 > Captador de picado

El captador de picado es un sensor de tipo piezoeléctrico colocado sobre el bloque motor (figuras 2.40 y 2.41) y es capaz de informar que se ha producido una detonación en el interior del cilindro del motor mediante una señal de tensión a la UCE (figura 2.42). A partir de este momento la UCE modifica el encendido, adoptando una curva de avance inferior.

Cuando el par resistente es elevado y la velocidad del motor es baja como, por ejemplo, al subir una pendiente, un exceso de avance en el encendido tiende a producir el efecto de picado o detonación.



2.41. Aspecto exterior.



2.42. Señal de un sensor de picado.

Técnica

Verificación de componentes del sistema

- Alimentación de bobina. Comprobar que existe tensión de batería entre los bornes 15 de bobina y masa.
- Comprobar la tensión de alimentación del módulo de potencia.
- Captador revoluciones en cigüeñal. Medir la resistencia de la bobina inductora del captador y comprobar la señal a través del osciloscopio. Si el distribuidor llevara un sensor hall, sus comprobaciones serían idénticas a las ya descritas en el apartado de generador hall.
- Sensor de presión. Con el motor en marcha, variar la presión en el sensor mediante un vacuómetro y comprobar cómo varía la tensión entre 0,5 V y 4,8 V.
- Interruptor de mariposa. Comprobar su tensión de alimentación (que debe ser la de batería) y la tensión en sus dos posiciones de medición: mariposa abierta (0 V) y mariposa cerrada (4,8 V).
- Sensor temperatura motor. Medir la resistencia con diferentes temperaturas de motor. A mayor temperatura debe marcar menos resistencia.
- Sensor de picado. Mediante lámpara estroboscópica, comprobar que el avance disminuye al desconectar el sensor de picado.

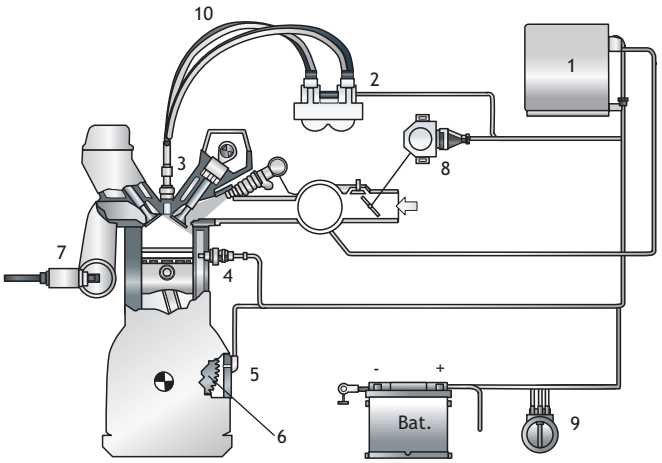
Actividades propuestas

11·· Obtén la señal de mando de un motor que incorpora un sensor en su sistema de picado con un osciloscopio. Posteriormente golpea ligeramente el bloque en las proximidades del sensor de picado y verifica su nueva señal de mando así como el nuevo avance al encendido que se obtiene.

4 >> Encendido totalmente electrónico. DIS estático

Este tipo de encendido está caracterizado por contener las funciones del encendido electrónico y renunciar al distribuidor de alta tensión (figura 2.43).

Con esto se consiguen eliminar totalmente los elementos mecánicos, siempre propensos a sufrir desgastes y averías.



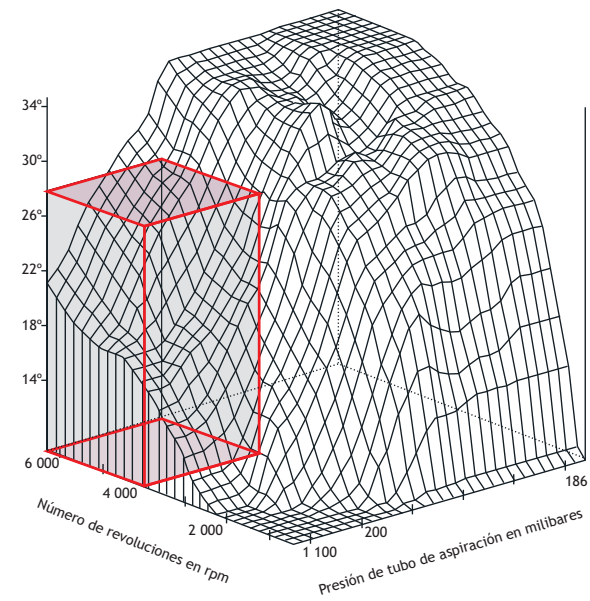
1. Unidad de control (centralita) con etapas finales de potencia integrada
2. Bobina de encendido doble (de chispa perdida)
3. Bujía
4. Sensor de temperatura del motor
5. Sensor de revoluciones y PMS
6. Rueda dentada
7. Sonda lambda
8. Interruptor de mariposa
9. Llave de contacto
10. Cables de alta tensión

2.43. Esquema de un sistema de encendido estático (DIS).

Las ventajas del sistema DIS frente al sistema convencional son:

- Nivel de perturbaciones electromagnéticas sensiblemente reducido, ya que no existen chispas en espacios abiertos.
- Tienen un gran control sobre la generación de la chispa ya que hay más tiempo para que la bobina genere el suficiente campo magnético para hacer saltar la chispa que inflame la mezcla. Esto reduce el número de fallos de encendido a altas revoluciones del motor.
- Existe un margen mayor para el control del encendido, por lo que se puede jugar con el avance al encendido con mayor precisión.
- Número reducido de uniones de alta tensión. Las bobinas pueden ser colocadas cerca de las bujías, con lo que puede reducirse la longitud de los cables de alta tensión e incluso llegar a eliminarse.

La central de encendido es una unidad de mando totalmente digital. Acondiciona todas las señales de entrada procedentes de los sensores y, en última instancia, calcula las señales de salida de conformidad con las estrategias de control y regulación programadas de antemano.



2.44. Mapa tridimensional con valores de ángulos de encendido.

La unidad de mando asume las siguientes funciones.

- Ajuste del ángulo de encendido mediante campo de curvas características (figura 2.44).
- Corrección del ángulo de encendido en las fases de arranque y calentamiento del motor.
- Limitación del régimen de revoluciones mediante la supresión de impulsos y calentamiento del motor.
- Control del relé de bomba de combustible.

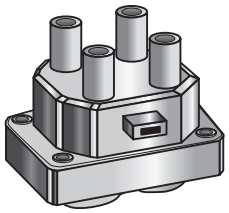
4.1 > Estructura del sistema de encendido DIS estático

Este sistema de encendido no necesita un distribuidor para que la chispa se canalice hacia la bujía adecuada. La alimentación de las bobinas sigue estando confiada a la central electrónica de gestión del motor.

A las habituales funciones de regulación del avance de encendido y tiempo de cebado, se une la de selección de la bobina adecuada para que el salto de la chispa se produzca en el cilindro que está en compresión.

Componentes

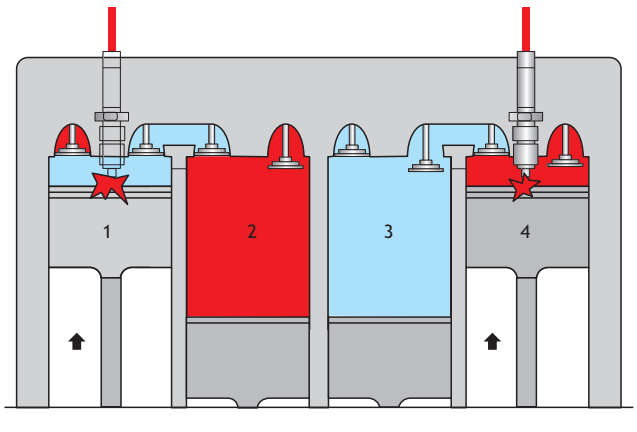
- El sistema de encendido DIS para un motor de cuatro cilindros está formado por **dos bobinas dobles** que suelen estar agrupadas en una misma carcasa (figura 2.45) y son alimentadas por una etapa de potencia doble (una para cada bobina). Cada bobina tiene un primario y un secundario aislados entre ellos eléctricamente. En los motores de seis cilindros se utilizan tres bobinas dobles y en motores con número impar de cilindros se emplean bobinas independientes (una por bujía).
- La centralita alimenta alternativamente con masa los terminales de los dos circuitos primarios. La bobina se comporta como dos bobinas separadas.



2.45. Bobina de encendido doble.

Funcionamiento

A este sistema de encendido se le denomina también de **chispa perdida** debido a que salta la chispa en dos cilindros a la vez.



2.46. Detalle del salto de chispas en un encendido DIS estático.

La disposición de los pistones en un motor de cuatro cilindros se realiza por parejas. De esta forma los pistones 1 y 4 se desplazan a la par y con un desfase de 180° con los pistones 2 y 3. Cada bobina doble se conecta a dos bujías.

Una bobina doble corresponde con los cilindros 1 y 4. La otra bobina doble corresponde a los cilindros 2 y 3.

Cuando una bobina origina la alta tensión en un motor con orden de encendido 1-3-4-2 (figura 2.46) la chispa salta en las dos bujías a la vez (1 y 4). Una chispa se utiliza para inflamar la mezcla en el cilindro que se encuentra en compresión (cilindro 1), mientras que la otra chispa salta en el otro cilindro en la carrera final del escape (cilindro 4).

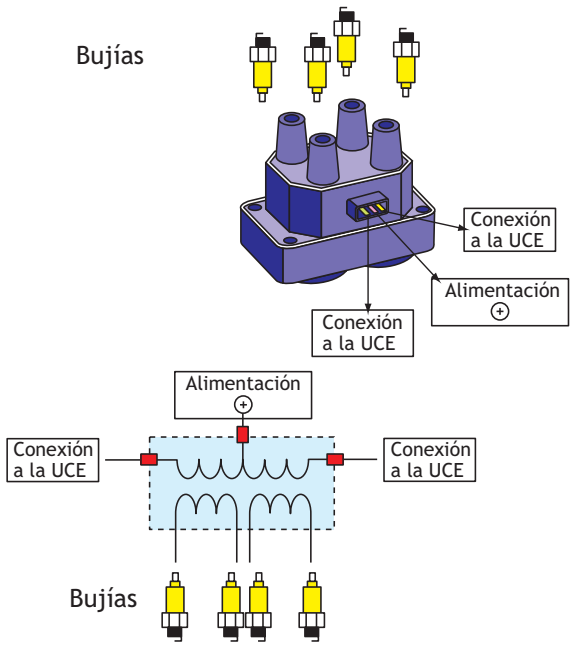
Este funcionamiento origina una chispa principal y otra secundaria o perdida. La chispa principal o activa tiene un alto valor de tensión al tener que producirse el arco eléctrico cuando la presión en la cámara de combustión es alta. La chispa secundaria o perdida tiene un valor de tensión menor porque necesita menos energía acumulada para que salte la chispa en una cámara de combustión con poca presión. La chispa secundaria no produce combustión porque la mezcla que ha entrado al cilindro es reducida y su temperatura es baja al no haberse realizado la compresión.

Esta situación se producirá a la inversa cuando el cigüeñal siga girando. Entonces la descarga siguiente pasará a través de las bujías 2 y 3. La chispa principal será en el cilindro 3 y perdida en el cilindro 2.

Seguidamente se producirá una descarga a través de las bujías 1 y 4, con la chispa perdida en el cilindro 1 y principal en el número 4 y así sucesivamente.

En un motor de 6 cilindros la chispa saltaría en los cilindros 1 y 4, 2 y 5 ó 3 y 6.

Las conexiones internas de una bobina DIS cambian con respecto a las bobinas convencionales (figura 2.47). El primario se sigue conectando entre el positivo directo de contacto y el negativo, controlado a través de la centralita electrónica de gestión del motor. Los extremos del secundario se conectan a los electrodos positivos de cada bujía.



2.47. Esquema de un encendido DIS estático.

Algunas versiones de bobinas en sistemas de chispa perdida engloban en un único grupo los dos primarios, los dos secundarios y los dos módulos de potencia. En este caso la medida de la resistencia del circuito primario presenta alguna dificultad a causa de la presencia de un transistor interno no desmontable.

En la figura 2.48 se representa uno de estos tipos de bobinas:

- Resistencia primario: 0,51 Ω
- Resistencia secundario: 9,100 kΩ

Este sistema DIS estático tiene el inconveniente de que no se puede utilizar para motores con un número de cilindros impar (3 ó 5) y en aquellos donde el cruce de válvulas es excesivo, ya que se corre el peligro de que la chispa secundaria o falsa que se produce durante el tiempo de escape pueda combustionar la mezcla que entre por la válvula de admisión durante el cruce.

Una evolución del sistema DIS estático ha sido integrar en el mismo elemento la bobina de encendido y la bujía, eliminando los cables de alta tensión. A este sistema se le denomina sistema de encendido directo o también **encendido DIS integral,** para diferenciarle del anterior, aunque los dos eliminan el uso del distribuidor.

2.48. Bobina coilrail de cuatro salidas con transistores incorporados para los sistemas de chispa perdida.

4.2 > Comprobación de bobinas de encendido de distribución estática de alta tensión

Los controles en las bobinas de distribución estática se subdividen en dos fases:

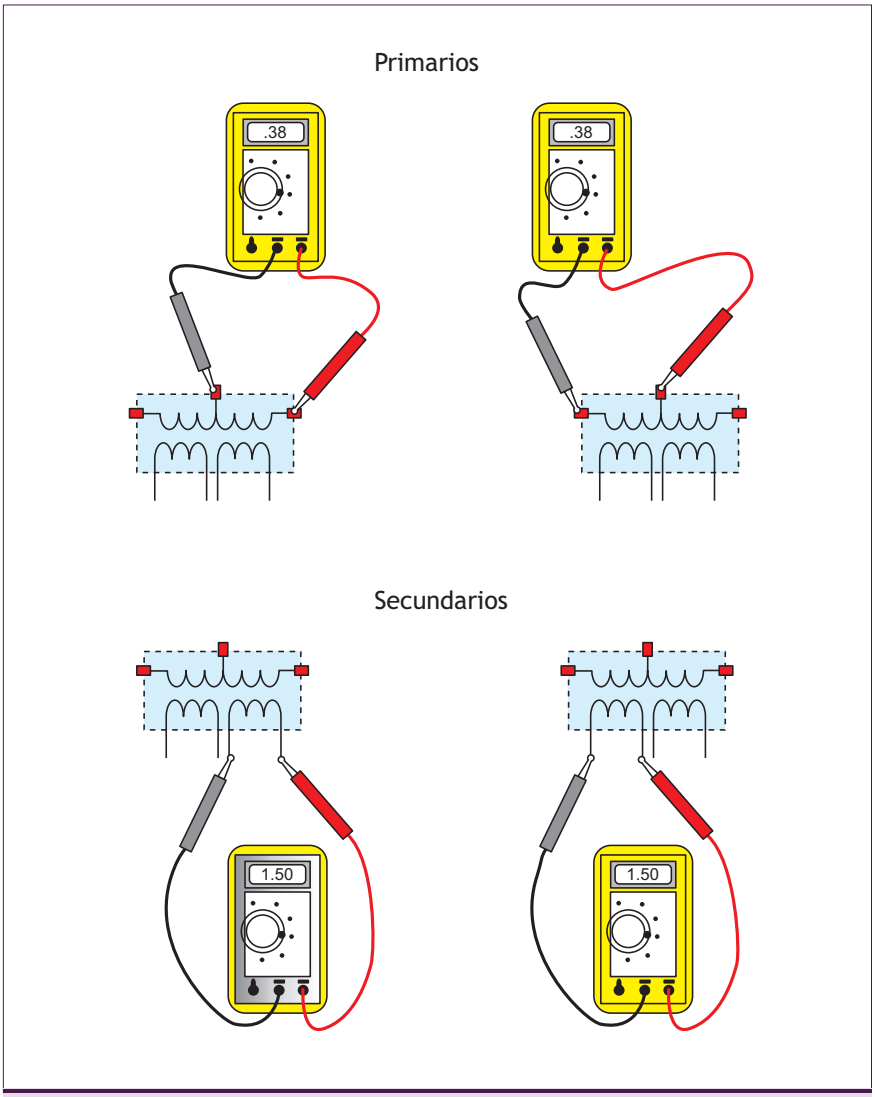
– Control de las resistencias primarias y secundarias (figura 2.49).

- Se comprobará la resistencia de primarios y su aislamiento. El circuito primario de una bobina de encendido de distribución estática tiene valores similares a los de las bobinas de los encendidos electrónicos con distribución mecánica de alta tensión, aproximadamente de 0,4 a 1 Ω.
- Se comprobará la resistencia de secundarios y su aislamiento. El secundario tiene valores de resistencia ligeramente diferentes, pero estará bien siempre hacer referencia a los valores suministrados por los fabricantes.

– Control de las tensiones suministradas mediante osciloscopio.

Arrollamientos secundarios

Las medidas en los secundarios deben realizarse con conexiones seguras para evitar descargas al aire o a masa. Tales descargas pueden resultar letales sobre todo para los módulos de potencia montados en el lateral de ciertas bobinas.



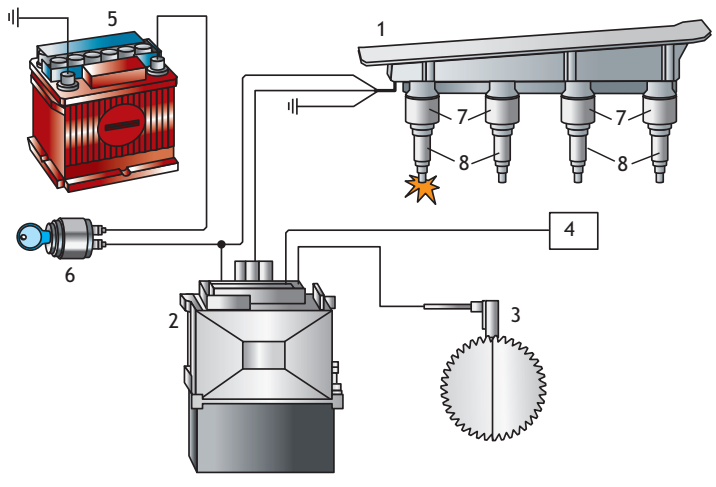
2.49. Control de las resistencias primaria y secundaria.

5 >> Encendido DIS integral

Este sistema de distribución de la alta tensión (figura 2.50) se adapta a cualquier motor independientemente del número y de la disposición de los cilindros, del régimen de giro o de cualquier otro factor.

La distribución de la tensión se compone de tantas bobinas como de bujías y de uno o más módulos de encendido de potencia. El sistema más difundido adopta un módulo de potencia acoplado a cada bobina de alta tensión.

Las bobinas se componen de tres cables de conexión, dos entradas al primario, una de positivo (15) y otra del módulo de potencia (1), y una tercera de salida. El secundario de cada bobina lleva un extremo directo a las bujías y otro a masa de unidad de control. En este sistema se eliminan por completo los cables de alta tensión.



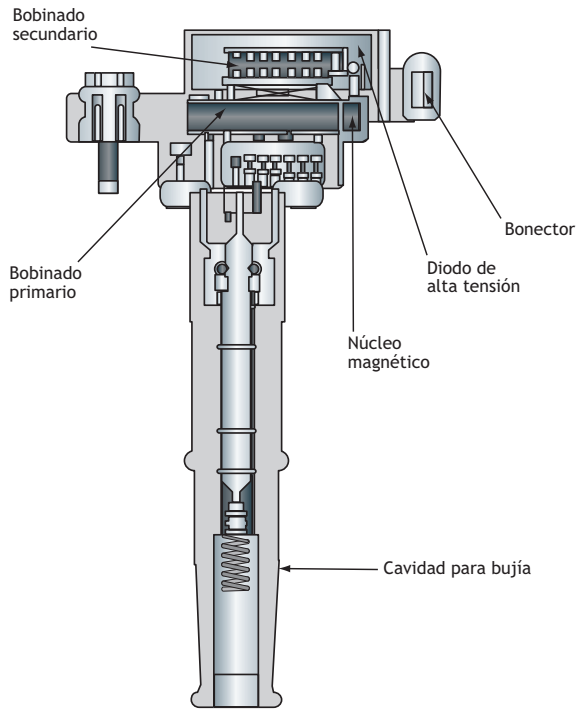
1 Módulo de alta tensión
2 Módulo de encendido, unidad electrónica
3 Captador de posición-régimen
4 Captador de presión absoluta
5 Batería
6 Llave de contacto
7 Bobinas de encendido
8 Bujías

2.50. Sistema de encendido directo.

Otras características de las bobinas se pueden resumir de la siguiente forma:

- Pueden estar montadas físicamente encima de la bujía. Este montaje garantiza un rendimiento superior en un 25% a los sistemas de distribución estática de alta tensión.
- Son más pequeñas que las bobinas para encendidos tradicionales y que las bobinas para la distribución de alta tensión mecánica o estática. Pueden construirse hasta cuatro veces más pequeñas (figura 2.51).
- Al ir montadas sobre la bujía, existe total ausencia de cables de alta tensión en el vano motor. La alta tensión nace en el secundario de la bobina, físicamente fijado al empalme de la bujía. Los peligros de descarga o dispersiones hacia masa quedan de esta manera reducidos a un mínimo.
- Las señales emitidas por este tipo de bobinas son similares a las que pueden captarse en las bujías de los sistemas con bobinas tradicionales.

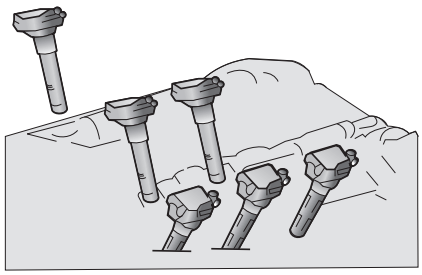
2.51. Bobina de encendido individual.



2.52. Sección de una bobina individual.

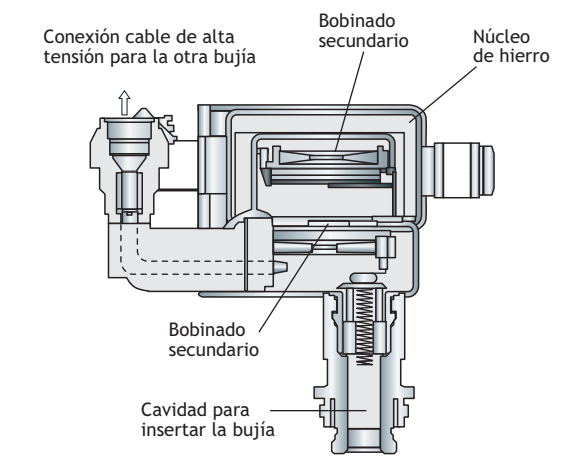
Se diferencian dos modelos a la hora de implantar este último sistema:

- **Encendido independiente:** utiliza una bobina por cada cilindro (figuras 2.52 y 2.53)

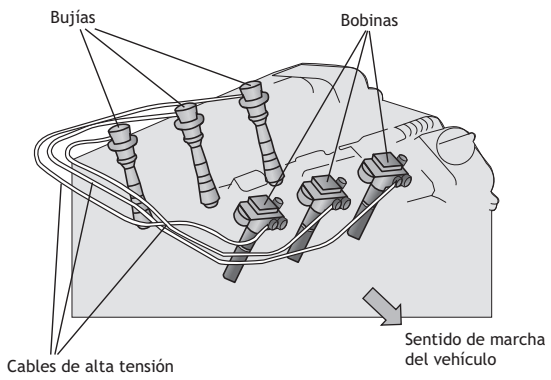


2.53. Sistema DIS con bobinas individuales en un motor de 6 cilindros en V.

- **Encendido simultáneo:** utiliza una bobina por cada dos cilindros. La bobina forma conjunto con una de las bujías y se conecta mediante un cable de alta tensión con la otra bujía (figuras 2.54 y 2.55).



2.54. Bobina para dos cilindros.



2.55. Sistema DIS con una bobina cada 2 cilindros en un motor de 6 cilindros en V.

>> Actividades propuestas

12·· Realiza la comprobación de las resistencias del primario y secundario de una bobina de encendido estático de alta tensión.

13·· Obtén los oscilogramas de secundario en un vehículo con bobinas individuales.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿En qué se basa el principio de funcionamiento de un encendido transistorizado por contactos?

2·· Cita las ventajas de los encendidos transistorizados frente a los convencionales.

3·· ¿Cuáles son los principales elementos de un generador de impulsos inductivo?

4·· Dibuja la señal que se obtiene a la salida de la bobina del generador de impulsos inductivo.

5·· ¿En qué tres etapas fundamentales se divide la centralita del generador de impulsos inductivo?

6·· ¿Cuáles son los principales componentes del generador de impulsos por efecto hall?

7·· ¿Qué es el efecto hall?

8·· ¿Qué otras utilidades tienen los sensores de efecto hall dentro del automóvil?

9·· ¿Qué dos informaciones básicas puede suministrar un captador inductivo situado en el volante de inercia del motor?

10·· ¿Qué es una NTC?

11·· ¿Cómo funciona el sistema de encendido denominado de chispa perdida?

12·· ¿Qué dos tipos de bobinas se pueden encontrar en un encendido DIS integral?

13·· ¿Qué dos controles se pueden realizar sobre una bobina de encendido DIS estático?

14·· ¿Cómo está constituida una bobina coilrail?

15·· ¿Cómo actúa la UCE cuando se produce picado en el motor?

.: APLICACIÓN :.

1·· Efectúa la comprobación de un sensor inductivo de impulsos.

2·· Efectúa la comprobación de un sensor inductivo de efecto hall.

3·· Obtén los oscilogramas correspondientes a un sensor inductivo de impulsos y de efecto hall mediante osciloscopio.

4·· Dibuja los esquemas eléctricos de conexionado de los encendidos por impulsos y de efecto hall.

5·· Obtén los oscilogramas de secundario y primario de los encendidos transistorizados.

6·· Localiza diferentes averías por medio de oscilogramas de encendido.

7·· Obtén la resistencia del arrollamiento secundario y primario de una bobina doble.

8·· Obtén el oscilograma secundario de una bobina individual.

9·· Obtén los valores de resistencia de una NTC a diferentes temperaturas del motor.

Caso final

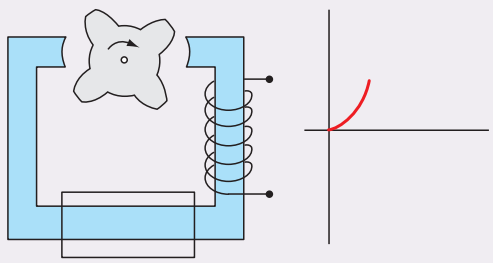
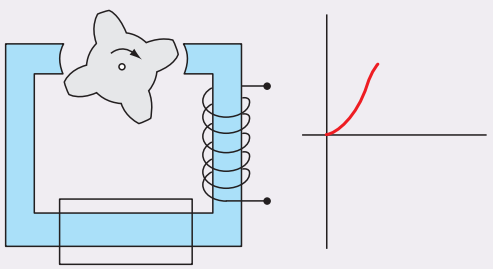
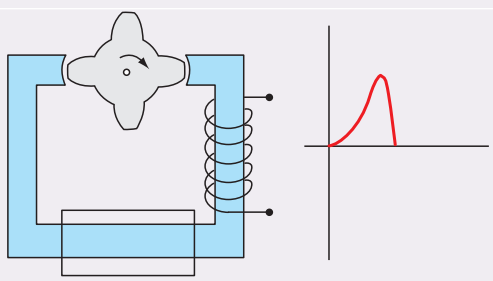
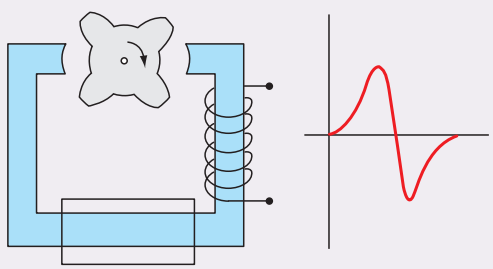
Comprobación de encendido electrónico con generador inductivo y hall

·· Llegan al taller dos vehículos con diferentes sistemas de encendido transistorizados sin contactos. Obtén las curvas de señal de cada uno de sus generadores de impulsos y razona el desarrollo de cada uno de ellos.

Solución ··

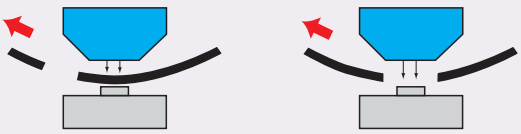
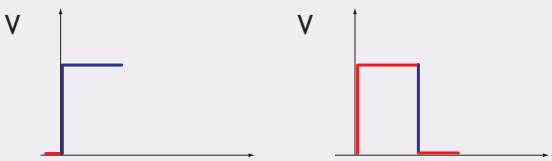
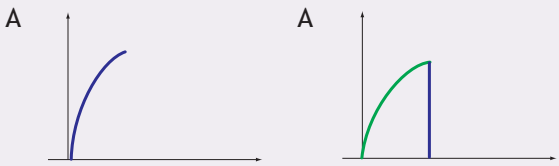
Vehículo con generador de impulsos inductivo

- Coloca el polímetro en corriente alterna.
- Sitúa las puntas de prueba del osciloscopio a la salida de los cables del generador inductivo de impulsos.

Posiciones rotor-estator y señal generada	Desarrollo de impulsos
	Cuando el estator se aproxima al diente del rotor reduce el entrehierro y asegura un mejor paso del flujo magnético en la bobina, por lo que la intensidad de esta última aumenta. Esta variación de intensidad del flujo magnético hace aparecer en la bobina una tensión de sentido positivo.
	Cuando el diente del rotor llega casi en frente de las láminas del estator, la tensión alcanza un valor máximo.
	En cuanto el diente está en frente de las láminas, la variación del flujo magnético es nula. La tensión cae hasta hacerse cero. En este punto se produce el salto de chispa.
	En el movimiento de rotación, el diente del rotor se aleja de las láminas del estator. La variación del flujo es muy fuerte y la tensión alcanza brutalmente su valor máximo negativo; después el flujo disminuye, la tensión tiende de nuevo a cero... ... y el ciclo vuelve a comenzar.

Vehículo con generador de impulsos por efecto hall

- Conecta el sensor de efecto hall mediante tres cables eléctricos. Uno de ellos corresponde con el valor negativo (masa del vehículo), otro cable corresponde con la alimentación (+), que suele ser de 5 a 12 V. El tercer cable (o) corresponde con la señal de salida, que varía según la posición de la corona metálica.
- Verifica el valor de la tensión de alimentación y la variación de la tensión en la señal de salida cuando alguna ventana de la corona permite el flujo del campo magnético.

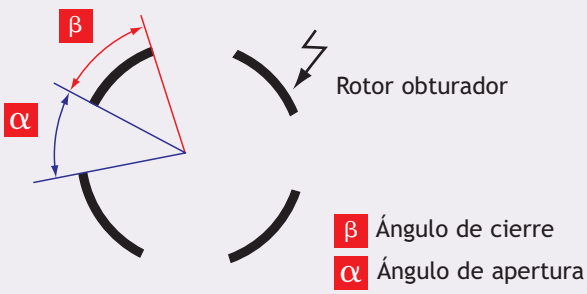
Posición del rotor del diafragma	 Con pantalla Sin pantalla
Tensión a la salida del impulsor hall	 V V
Corriente en el primario de la bobina	 A A

Ángulo de apertura y ángulo de cierre

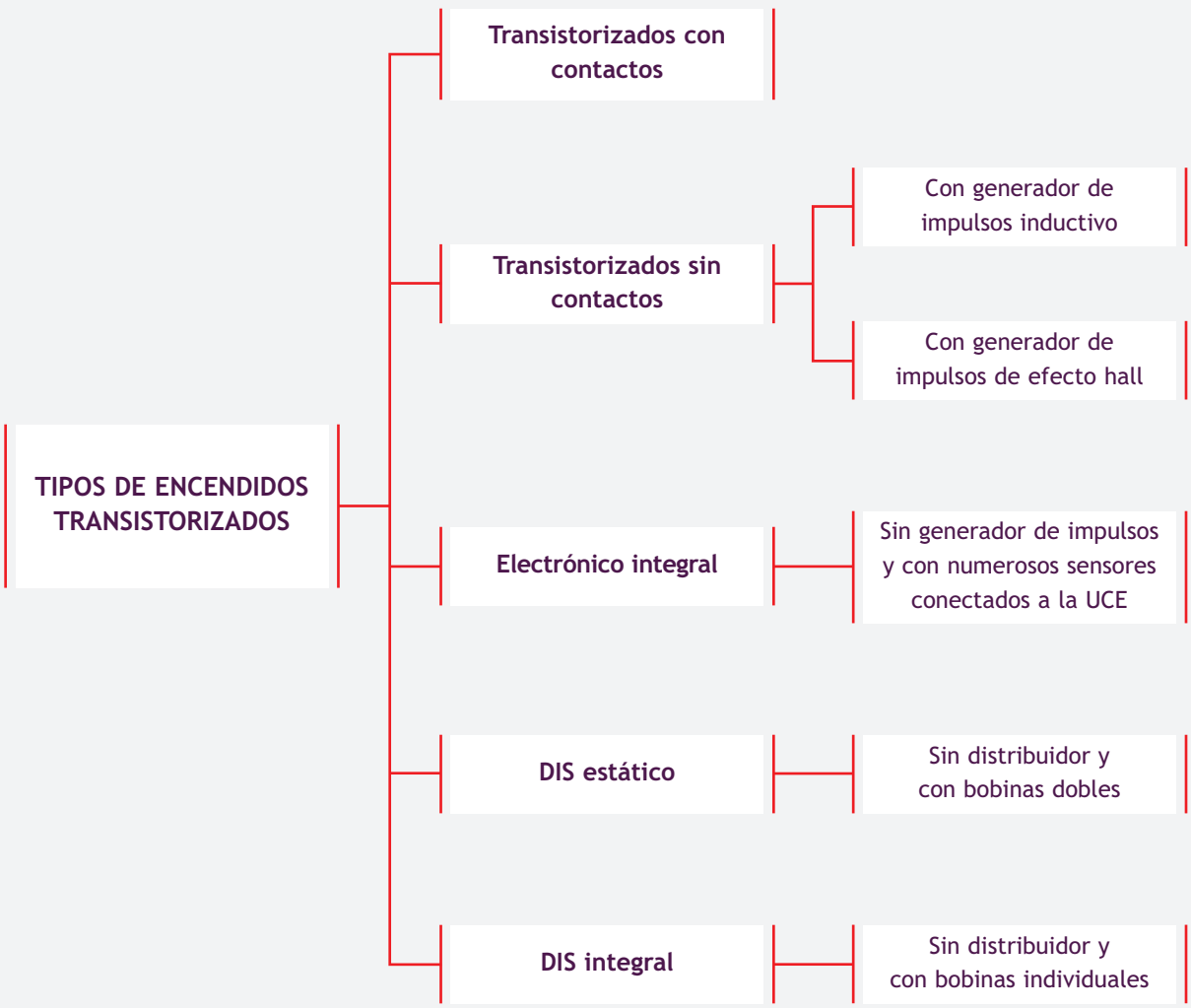
El propio diseño del rotor obturador va a determinar el ángulo de apertura y cierre del sistema.

El ángulo de apertura (α) representa el tiempo de desconexión de corriente del primario de la bobina.

Este ángulo viene determinado por la dimensión de la ventana del rotor obturador.



Ideas clave


TIPOS DE ENCENDIDOS TRANSISTORIZADOS
Transistorizados con contactos
Transistorizados sin contactos
Con generador de impulsos inductivo
Con generador de impulsos de efecto hall
Electrónico integral
Sin generador de impulsos y con numerosos sensores conectados a la UCE
DIS estático
Sin distribuidor y con bobinas dobles
DIS integral
Sin distribuidor y con bobinas individuales

>> ENCENDIDO ELECTRÓNICO

·· La etapa final del alto voltaje

Todos los automóviles nuevos, nacionales e importados, impulsados por motores de encendido por chispa, traen algún tipo de encendido electrónico, desde los más simples pero altamente eficientes, hasta los enteramente computarizados. La etapa de alta tensión es uno de los subsistemas más interesantes de la ignición. Los más recientes equipos producen más de 30 kV (30 000 V) para que salten las chispas en las bujías.

La generación de la alta tensión es producida en un transformador de corriente continua, comúnmente denominado "bobina".

La misma tiene dos arrollamientos, uno primario y otro secundario. Por el primario circula la corriente de la batería, previo paso por los elementos electrónicos de conmutación y gestión del encendido, mientras que por el segundo se desplaza la corriente que llega a los electrodos de las bujías de encendido.

Durante muchas décadas, incluyendo algunas ya con la electrónica incorporada al encendido, se ha utilizado el distribuidor para entregar a cada bujía en el momento exacto y de acuerdo a un predeterminado orden (el llamado orden de encendido) el impulso de alta tensión, a través de un cable especial.

Si bien todavía se producen modelos de automóviles con distribuidor, la tendencia general es la de suprimirlo, reduciendo las conexiones de alta tensión y las interferencias electromagnéticas.

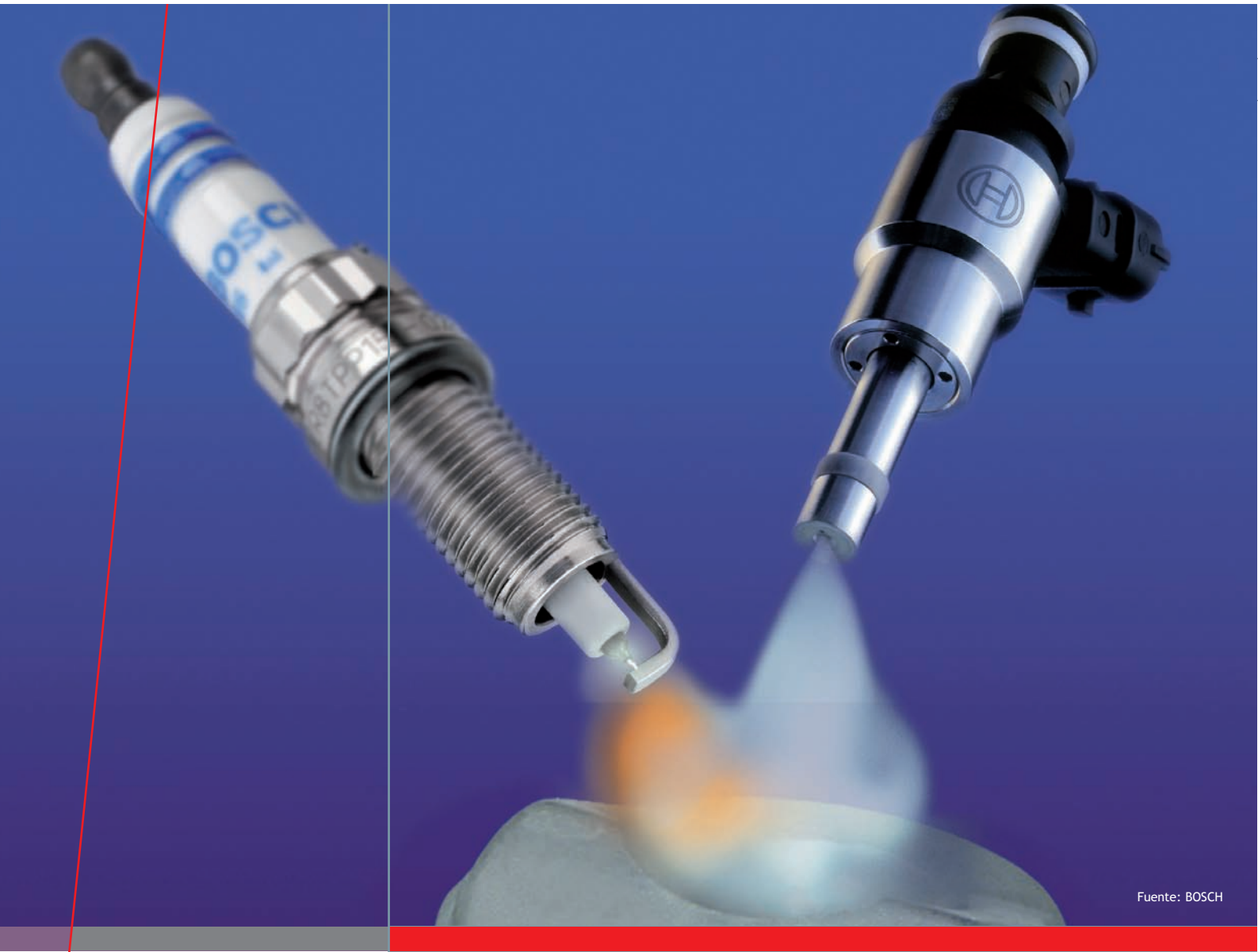
Además, y esto es sumamente importante, desaparecen las partes móviles del encendido, tales como el rotor, su eje, los avances centrífugos y por vacío, y otros elementos, siempre sujetos a desgastes y desajustes.

Ahora todo es controlado por microprocesador, auxiliado por una variedad de precisos sensores, y las bobinas de encendido son de salidas múltiples e incluso individuales, situadas encima de las bujías.

Con el "encendido estático" se logran beneficios que son imprescindibles para los vehículos de este milenio, debido a las cada vez más exigentes reglamentaciones acerca de control de consumo de carburante y emisión de contaminantes.

De todas maneras, el encendido con bobina tradicional (con conmutación eléctrica con platinos o con disparadores electrónicos como los de efecto hall) se sigue utilizando en centenares de miles de automóviles de anteriores generaciones, principalmente en los que circulan por todos los países de América Latina, así como en muchos otros de los demás continentes. Por otra parte, en los países desarrollados casi todo el parque automotor dispone de encendidos computarizados. Cabe aclarar que los nuevos automóviles producidos en Argentina, Brasil y México, por ejemplo, también traen encendidos cada vez más sofisticados.

Fuente: *El repuesto*
www.cerac.org.ar



Fuente: BOSCH

unidad 3

Sistemas de inyección de gasolina I: mecánica y electromecánica

SUMARIO

- Sistemas de inyección de gasolina
- Inyección mecánica. K-Jetronic
- Procedimientos para la comprobación del sistema K-Jetronic
- Inyección mecánica-hidráulica KE-Jetronic

OBJETIVOS

- Conocer las ventajas de la inyección frente a la carburación.
- Conocer los diferentes sistemas de inyección de gasolina atendiendo a diferentes aspectos.
- Conocer el funcionamiento y características de los sistemas de inyección mecánicos y electromecánicos.
- Reconocer los componentes de inyección sobre vehículos.
- Realizar las pruebas más importantes en sensores y actuadores de los sistemas de inyección mecánicos y electromecánicos, utilizando las herramientas y equipos adecuados.

1 >> Preparación de la mezcla: carburación e inyección

Los sistemas de preparación de mezcla, ya sea con carburador o con equipo de inyección, tienen por misión producir la mezcla ideal de aire y combustible.

En la actualidad, lo más habitual es preparar la mezcla por inyección de dos modos distintos dependiendo del lugar donde se realice:

- **Inyección indirecta.** La mezcla se realiza en el tubo de admisión.
- **Inyección directa.** La mezcla se realiza en el interior del cilindro.

Esta tendencia se explica por las ventajas que supone la inyección de combustible en relación con las exigencias **de mayor economía de consumo, potencia y reducción de la presencia de productos contaminantes en los gases de escape**. Por tanto, se persigue una **dosificación exacta de combustible** en función de los estados de marcha y de carga del motor, teniendo en cuenta las influencias del medio ambiente. Además, la **supresión del carburador** permite dar a los conductos de admisión una forma óptima, consiguiéndose así un mejor llenado de los cilindros, lo que se refleja en la optimización del par motor a cualquier régimen.

Ventajas de la inyección sobre la carburación

Las ventajas principales de la inyección sobre la carburación son:

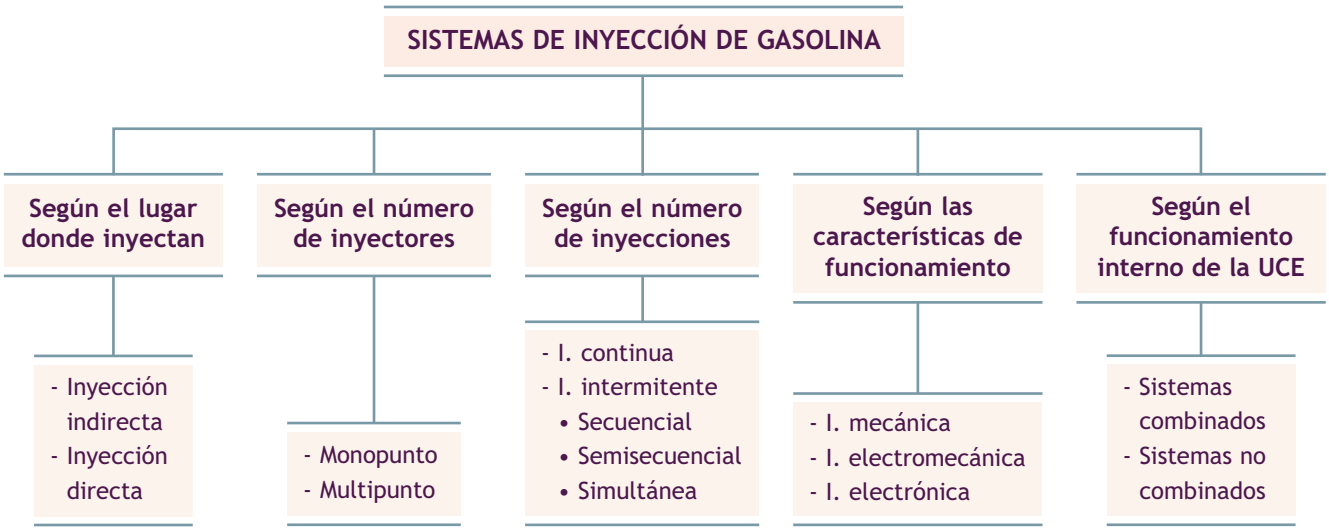
- **Menor consumo de combustible.** En vehículos de carburación la mezcla se produce en los tubos de admisión de cada cilindro con cantidades desiguales, provocando un excesivo consumo y una carga desigual de los cilindros. Para evitar este inconveniente cada cilindro tiene una **válvula de inyección o inyector** comandada por la unidad de control, con lo que se asegura que cada cilindro reciba en el momento oportuno la cantidad de combustible exactamente dosificada.
- **Mayor potencia.** La inyección electrónica posibilita la entrada de la proporción de aire y combustible cuando es requerida, reduciendo los gases contaminantes. Todo esto se traduce en un aumento de potencia y un mejor rendimiento térmico. Además estos sistemas permiten optimizar el diseño de los conductos de admisión, los cuales se fabrican para aprovechar las **corrientes aerodinámicas**, permitiendo llenar de una forma eficiente los cilindros y logrando una mayor potencia.
- **Mejor arranque en frío y fase de calentamiento.** Mediante la exacta dosificación del combustible, en función de la temperatura del motor y del régimen de arranque, se consiguen tiempos de arranque más breves y una aceleración más rápida y segura desde el ralentí. En la fase de calentamiento se realizan los ajustes necesarios para una marcha redonda del motor y una buena admisión de gas, sin tirones, ambas con un consumo mínimo de combustible, lo que se consigue mediante la adaptación exacta del caudal de este.
- **Menor contaminación.** Los sistemas de inyección permiten controlar estrictamente la proporción de mezcla aire-gasolina con el objetivo de reducir la emisión de elementos contaminantes y así cumplir las disposiciones legales en materia de gases de escape.

Carburador

El funcionamiento del carburador se basa en un sistema exclusivamente mecánico. Su principal desventaja sobre la inyección es que no brinda una mezcla exacta a la necesitada en diferentes marchas, presentando algunas irregularidades en las marchas cortas como un consumo excesivo de combustible y una mayor contaminación.

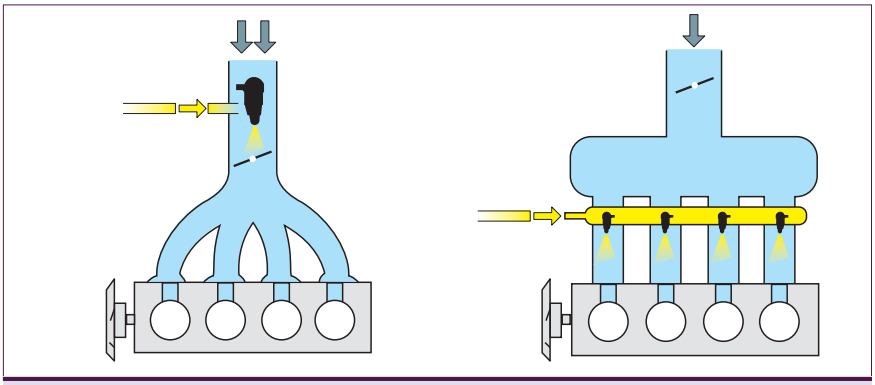
2 >> Clasificación de los sistemas de inyección de gasolina

Los sistemas de inyección más habituales se pueden clasificar atendiendo a diferentes características:



– **Según el lugar donde inyectan:**
- **Inyección indirecta.** El combustible es introducido en el colector de admisión sobre la válvula de admisión, que puede estar abierta o no. Esta inyección es la más usada en la actualidad.
- **Inyección directa**. Basa su funcionamiento en la inyección de combustible directamente en la cámara de combustión del cilindro. Este sistema está evolucionando rápidamente y se está extendiendo cada vez a más modelos.

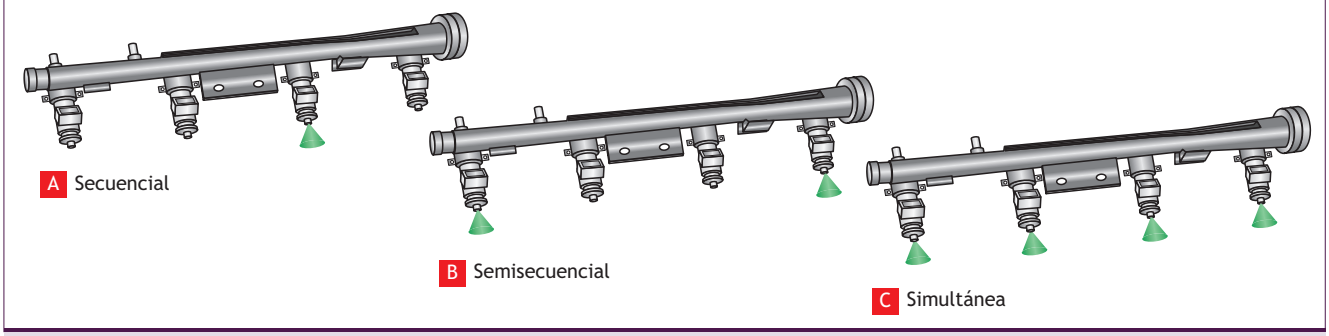
– **Según el número de inyectores (figura 3.1) :**
- **Monopunto.** Un inyector proporciona combustible al colector de admisión.
- **Multipunto**. Cada cilindro está provisto de un inyector situado en el colector de admisión o en la cámara de combustión, en inyección indirecta o directa respectivamente.



3.1. Sistemas de inyección monopunto y multipunto.

- **Según el número de inyecciones.** La inyección multipunto tiene diferentes variantes según el número de inyecciones:
  - **Inyección continua.** Los inyectores suministran el combustible continuamente a los colectores de admisión, previamente dosificado y a presión. Puede ser constante o variable.
  - **Inyección intermitente.** Los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir, el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la centralita de mando. Esta inyección se divide a su vez en (figura 3.2):
    - **Secuencial.** Los inyectores aportan el combustible de uno en uno de forma sincronizada cuando la válvula de admisión está abierta.
    - **Semisecuencial.** Los inyectores se accionan por parejas en cada vuelta motor. En un motor de cuatro cilindros se activan a la vez el 1-4 y 3-2.
    - **Simultánea.** Los inyectores suministran el combustible todos a la vez, es decir, abren y cierran todos al mismo tiempo.

P Práctica 4



3.2. Tipos de inyección intermitente.

- **Según las características de funcionamiento.** Esta clasificación tiene en cuenta el sistema de control de la dosificación de la mezcla. Se dividen en:
  - **Inyección mecánica**. Regula la entrega de combustible al colector de admisión o a los cilindros mediante señales mecánicas, como pueden ser la energía cinética del aire de admisión, la presión de la gasolina, etc.
  - **Inyección electromecánica**. Sistema mixto de inyección que incorpora componentes electrónicos, como la unidad electrónica de control y sensores, para la regulación de caudal.
  - **Inyección electrónica**. La gestión de la apertura de los inyectores se realiza con la ayuda de la electrónica y la cantidad de combustible que se inyecta va en función de la masa de aire que aspira el motor, la cual se mide mediante un sensor especial. Una sonda especial de temperatura del aire también informa al procesador para calcular el tiempo de apertura de los inyectores y su frecuencia, en función de la velocidad de giro del motor.
- **Según el funcionamiento interno de la UCE:**
  - **Sistemas combinados**. Integran el sistema de inyección y encendido en la misma unidad de control.
  - **Sistemas no combinados**. Los circuitos de inyección y de encendido actúan de forma independiente y cuentan cada uno de ellos con su propia unidad de control.

3 >> Inyección mecánica. K-Jetronic

La inyección mecánica es una inyección permanente similar al carburador, pero donde el combustible sale por los inyectores a una presión que puede variar de 2,8 a 3,5 bar, según el modelo.

La dosificación del combustible se controla dentro del elemento de control de caudal y se basa en la medición de volumen de caudal de aire.

El K-Jetronic se ha aplicado desde 1973 hasta 1995 en el equipamiento original de vehículos de serie. Desde entonces, este sistema se ha tenido en cuenta para el mantenimiento y la reparación.

El sistema se divide en cinco partes fundamentales:

- Medición del caudal de aire.
- Alimentación de combustible.
- Preparación de la mezcla.
- Fase de calentamiento.
- Regulación del ralentí.

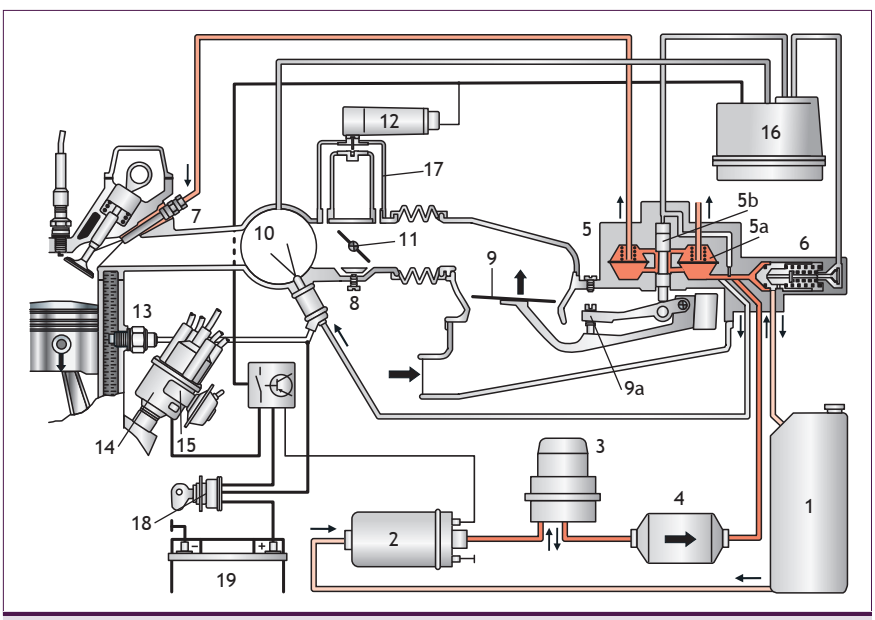
Principio de funcionamiento

Al bajar el pistón dentro del cilindro se produce una depresión que levanta el plato medidor de caudal de aire (9) que por estar solidario con el brazo que mueve el émbolo de mando (5b), se encarga de dejar pasar más o menos caudal de combustible al inyector (7), haciendo que se aumente o disminuya la dosificación de combustible a los cilindros a través de estos. Cuando se eleva el émbolo de mando, la presión del combustible que existe en el sistema saldrá **continuamente** a través de los inyectores mientras estos no corten el suministro en función de la **presión de tarado que tengan**, que suele oscilar entre 2,5 y 3,5 bar (figura 3.3).

K-Jetronic

K-Jetronic es el término usado por BOSCH para describir el sistema de inyección continuo original. La K es la abreviatura de Kontinuerlich (palabra alemana para "continuo").

1 Depósito de combustible
2 Electrobomba
3 Acumulador
4 Filtro
5 Distribuidor-dosificador
5a Válvulas diferenciales
5b Émbolo de mando
6 Regulador de presión
7 Inyector
8 Tornillo de velocidad de ralentí
9 Plato-sonda
9a Tornillo de riqueza
10 Caja de aire
11 Válvula de mariposa
12 Válvula de aire adicional
13 Interruptor térmico temporizado
14 Distribuidor
15 Relé taquimétrico
16 Regulador de la fase de calentamieno
17 Inyector de arranque en frío
18 Llave de contacto
19 Batería



3.3. Funcionamiento de la inyección mecánica.

3.1 > Sistema de alimentación de combustible

El sistema de alimentación consta de electrobomba de combustible, acumulador de presión, filtro de combustible, regulador de presión del sistema e inyectores.

La bomba de combustible, accionada eléctricamente, transporta el combustible desde el depósito con una presión de 5,4 bar, en algunos casos incluso mayor, hasta el acumulador de combustible, y luego, a través de un filtro, hasta el distribuidor-dosificador que dosifica las válvulas de inyección en los tubos de admisión de cada cilindro. El regulador de presión mantiene constante la presión de alimentación en el sistema haciendo retornar al depósito el combustible sobrante.

Electrobomba de combustible

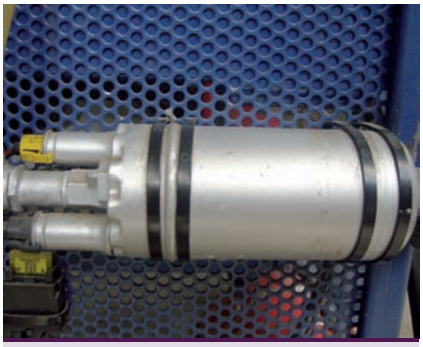
La electrobomba de combustible (figura 3.4) es el elemento que se encuentra inmediatamente después del depósito de combustible. Se encarga de trasvasar la gasolina del depósito al circuito general a una cierta presión.

La bomba es de **tipo celular, de rodillos, accionada eléctricamente**. La bomba, autoaspirante, y el motor eléctrico, permanentemente activado, forman un solo cuerpo y son bañados por el combustible, que sirve como refrigerante del motor eléctrico.

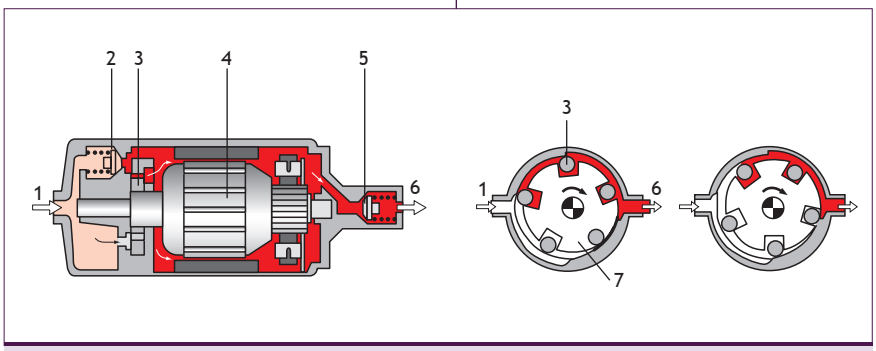
La bomba impulsa más combustible del que el motor puede necesitar para **mantener constante la presión en el sistema de alimentación**, sea cual fuere el estado de funcionamiento.

La bomba consta de una cámara cilíndrica (figura 3.5) en la que gira un rotor excéntrico (7). En la periferia del rotor hay unos alvéolos en los que van alojados los rodillos (3). La fuerza centrífuga que se origina por la rotación del rotor impulsa los rodillos hacia el exterior, asegurando de este modo la estanqueidad periférica. El efecto de bombeo se obtiene mediante estos rodillos de estanqueidad, que, tras obturar el orificio de aspiración, transportan el combustible encerrado, hasta que sale de la bomba por el orificio de descarga (6). Para impedir el retorno del combustible al depósito, la bomba lleva instalada una válvula de retención (5).

1 Lado de aspiración
2 Limitador de presión
3 Bomba celular de rodillos
4 Inducido
5 Válvula de retención
6 Orificio de descarga
7 Rotor excéntrico



3.4. Bomba.



3.5. Electrobomba de combustible y proceso de bombeo.

Técnica

Comprobar el nivel del suministro de una bomba de combustible

- Desconectar la válvula auxiliar de aire, el regulador de la fase de calentamiento y el tubo de retorno de la unidad distribuidora del regulador de presión.
- Colocar un tubo entre el retorno del regulador de presión y un recipiente calibrado.
- Hacer funcionar la bomba durante el tiempo indicado en los datos técnicos del coche para comparar el suministro obtenido con el especificado.
- Si los datos obtenidos anteriormente no corresponden con los del fabricante, comprobar la tensión de la bomba que debe estar comprendida entre 11,5 y 12 V.
- Situar un amperímetro en serie y comprobar que la corriente está entre 5 y 8 A:
  - Si es menor que 5 significa que está entrando aire en el sistema o la bomba es defectuosa. En este último caso la bomba ha de ser sustituida.
  - Si es mayor que 8 significa que el filtro está obstruido o que alguna pieza en el sistema está bloqueada. Para un correcto mantenimiento del vehículo es necesario cambiar el filtro cada 50 000 km, recomendable cada dos años o cada 35 000 ó 40 000 km.

3.6. Acumulador de presión de combustible.

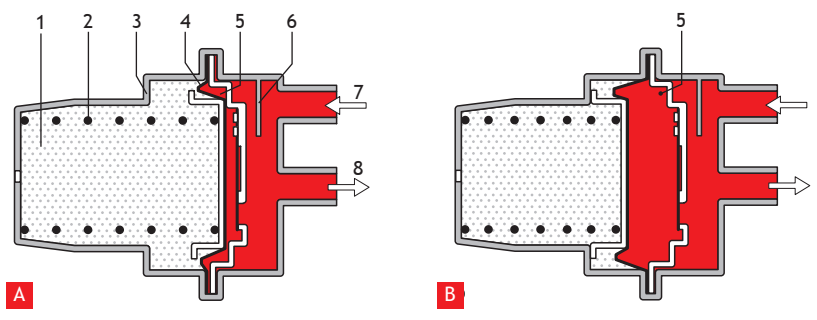
Acumulador de presión de combustible

El acumulador de presión (figura 3.6) está situado entre la bomba y el filtro de combustible. Mantiene la presión del combustible en el circuito incluso durante cierto tiempo después de haberse parado el motor y la electrobomba. Además amortigua el ruido que produce la bomba de combustible.

El acumulador de combustible (figura 3.7) está dividido por una membrana en dos cámaras: una actúa como acumulador para el combustible a presión (5) y la otra, conectada a la atmósfera, representa un volumen de compensación (1).

Cuando funciona la bomba de combustible, la cámara (5) se llena de combustible, haciendo que la membrana (4) se fuerce contra la presión del muelle (2) hasta que no pueda seguir desplazándose por el tope (3) de la cámara del muelle. La membrana permanece en esta posición mientras el motor está en funcionamiento. Después de apagar el encendido el muelle mantendrá una presión limitada dentro del sistema de combustible.

1. Cámara del muelle
2. Muelle
3. Tope
4. Membrana
5. Volumen acumulado
6. Deflector
7. De la electrobomba
8. Al filtro



3.7. Acumulador de combustible, vacío (A) y lleno (B).

Filtro de combustible

Tiene como objetivo separar las impurezas existentes en el combustible, que podrían ser perjudiciales para el correcto funcionamiento del sistema.

Es importante que no se obstruya ni se dañe, que se monte en el sentido correcto (figura 3.8) y por supuesto que se cambie a los intervalos de servicio especificados por el fabricante.

El filtro (figura 3.9) contiene un elemento de papel (1) con un diámetro de poro medio de 4 µm, detrás del cual va un tamiz adicional (2). Mediante esta combinación se consigue un gran efecto de limpieza. El filtro se fija al cuerpo mediante la placa de apoyo (3). El cuerpo del filtro es metálico.

Regulador de presión del sistema

El sistema de inyección K-Jetronic utiliza una presión constante del combustible, aproximadamente de 5 bar. Con el fin de conseguir esta presión constante, se monta un regulador de presión, normalmente dentro del cuerpo del distribuidor-dosificador de combustible.

Como la electrobomba aporta más combustible del que el motor es capaz de consumir, el émbolo del regulador de presión deja libre un orificio a través del cual fluye el combustible sobrante al depósito.

En la figura 3.10 se muestra el esquema del funcionamiento de esta válvula. Consta de una válvula de apertura (4), cuya punta cónica deja estanca la cámara 1 cuando está en posición de reposo (figura 3.10.A), gracias a la acción de un muelle (8). Cuando la electrobomba empieza a funcionar aumenta enseguida la presión del circuito. El regulador se muestra inactivo mientras el circuito no sobrepase el valor de presión correcto.

Pero si la presión aumenta se hace sensible en la cámara 1 y de inmediato se retira el pistón (3) hasta dejar paso al líquido por medio de la abertura de rebose (2) (figura 3.10.B). Esta salida de gasolina hace que baje la presión en el circuito. En cuanto llega al valor deseado se cierra la abertura de rebose (1) y volvemos a la situación anterior. Estos dispositivos son muy precisos y pueden regular con exactitud 0,10 bar de diferencia.

Al llegar a una determinada elevación el pistón (3) levanta también la válvula de asiento (4), venciendo la presión del muelle (7), desde la punta de la válvula (6). El regulador de la fase de calentamiento tiene una pérdida por (5 y 2), y la presión de control queda rebajada a la cabeza del pistón de mando.

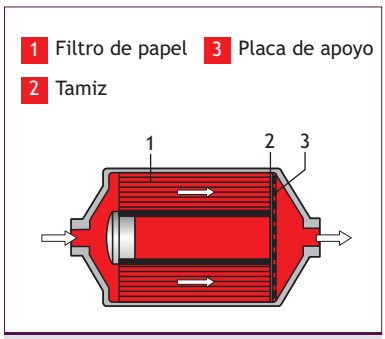
Cuando se para el motor, el regulador cierra el orificio de descarga (2), con lo que impide que la presión del sistema de combustible se degrade.

Inyectores

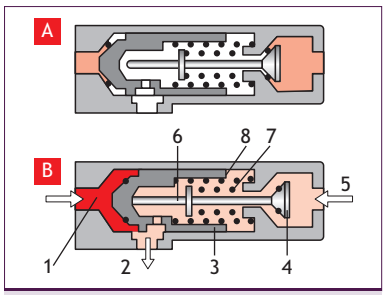
Tienen la misión de pulverizar el combustible en el colector de admisión mediante los movimientos oscilantes de su aguja, cuando es sometida a una presión determinada.

P Práctica 5

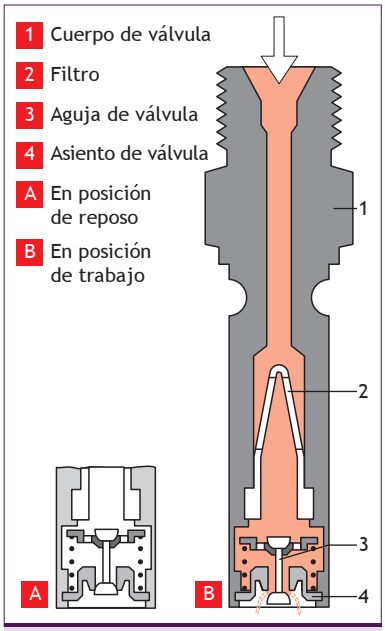
3.8. Filtro de combustible.



3.9. Esquema del filtro de combustible.



3.10. Regulador de presión del distribuidor-dosificador.



3.11. Válvula de inyección.

Se encuentran posicionados en el colector de admisión y cerca de las válvulas. Su colocación es importante, de forma que las altas temperaturas no afecten a su buen funcionamiento por evaporación indeseable del combustible al parar el motor, lo que ocasionaría grandes dificultades de puesta en marcha al arrancar en caliente pocos momentos después.

En este sistema los inyectores están permanentemente inyectando combustible (no tienen función dosificadora) siempre y cuando la presión del circuito se encuentre por encima de los 3,3 bar. Se trata pues de un **sistema de inyección continua**. Al parar el motor, si la presión en el sistema de combustible desciende por debajo de la de apertura de la válvula de inyección, esta realiza un cierre estanco. El componente es **estrictamente mecánico** (figura 3.11). Está compuesto por una aguja (3) que tiene un válvula de asiento (4), que queda cerrada gracias a la acción del muelle que impele el plato hacia arriba. Cuando la presión ejercida en el interior del conducto de entrada del combustible es superior a los 3,3 bar, esta misma presión vence la acción del muelle y el líquido sale al exterior pulverizado. Destaca la presencia de un filtro (2) para asegurar la eliminación de las últimas impurezas que pueda contener todavía la gasolina. Cuando se superan los 3,3 bar la válvula de asiento comienza a vibrar a alta frecuencia.

Técnica

Comprobación de inyectores mecánicos

•• Para comprobar los inyectores mecánicos se actuará de la siguiente forma:

- Desmontar los inyectores del colector de admisión.
- Al accionar la bomba de combustible y levantar la placa del sensor de flujo de aire se podrá comprobar el modelo de pulverización de cada inyector. Todos los inyectores deben presentar un **modelo cónico de pulverización uniforme** de combustible bien atomizado (figura 3.12), aunque puede ser válido que esté ligeramente ladeado, siempre que el ángulo de pulverización total no sea superior a 35°.
- Para comprobar la **fuga de inyectores**, se secarán las toberas de los mismos y al accionar la bomba de combustible durante dos minutos estos no presentarán ningún tipo de fuga.
- El **índice de suministro de los inyectores** se comprobará colocando cada uno de los inyectores en unas probetas calibradas. Se retirarán los conductos del sensor de flujo de aire y se levantará la placa del sensor hasta alcanzar un llenado de 80 cm^3 en una de las probetas. Comprobar que la tolerancia entre las probetas es de ± 8 cm^3. Recordar que la inyección debe ser cónica y pulverizada. Si un inyector se sale de las tolerancias de medida, conectar ese inyector a la línea que haya dado resultado correcto y el otro inyector a una línea que dio un resultado incorrecto. Vaciar el contenedor y hacer la prueba nuevamente. Si el inyector que se salía de las tolerancias continúa estando fuera, cambiar el inyector. Si el inyector que daba un resultado correcto ahora lo da incorrecto, cambiar la unidad distribuidora.

3.12. Pulverización de un inyector mecánico.

>> Casos prácticos

Presiones en el acumulador de combustible

•• ¿Qué presiones se deben tener en un acumulador de combustible a los 10 minutos después de apagar un motor? ¿Y a los 25 minutos?

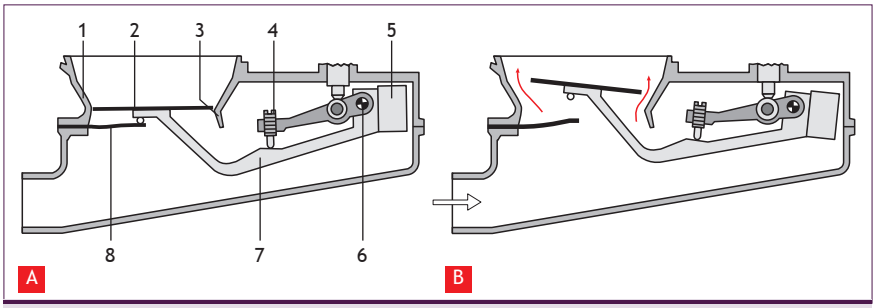
Solución •• Después de apagar el motor y al cabo de 10 minutos, deberá permanecer una presión de retención entre 1,8 y 3,3 bar, y al cabo de 25 minutos la presión no deberá ser inferior a 1,5 ó 2,5 bar.

3.2 > Preparación de la mezcla

La preparación de la mezcla dosifica el caudal de combustible que corresponda al del aire aspirado para conseguir una proporción aire-combustible adecuada. La preparación se efectúa mediante el regulador de mezcla, que consta del medidor del caudal de aire y del distribuidor-dosificador.

Medidor del caudal de aire

Este elemento mide el volumen de aire aspirado por el motor según el principio de **cuerpos en flotación**. Está montado por delante de la mariposa de gases y por él circula el caudal de aire total aspirado por el motor. Consta de un embudo de aire con un plato-sonda (cuerpo en flotación) móvil colocado en el nivel de diámetro más pequeño. Cuando el motor aspira el aire a través del embudo, el plato es aspirado hacia arriba o hacia abajo (depende de cada instalación), y abandona su posición de reposo (figura 3.13).



3.13. Medidor de caudal de aire de corriente ascendente.

1 Embudo de aire
2 Plato-sonda
3 Sección de descarga
4 Tornillo de ajuste de la mezcla
5 Contrapeso
6 Punto de giro
7 Brazo de palanca
8 Resorte de lámina
A Plato-sonda en posición de reposo
B Plato-sonda en posición de trabajo

El aire que circula a través del embudo (1) desplaza el plato-sonda (2) desde su posición de reposo en un valor determinado. El movimiento del plato-sonda es transmitido al émbolo de mando por medio de un sistema de palanca (6 y 7), que determina el caudal de combustible que se debe dosificar. Un resorte de lámina (8) se encarga de mantener la posición de reposo correcta con el motor parado. El peso del plato-sonda y del sistema de palanca se compensa mediante un contrapeso (5). Según sea la posición del plato medidor del caudal de aire, el brazo de palanca del medidor elevará más o menos al émbolo de mando para dejar salir más o menos combustible hacia los inyectores.

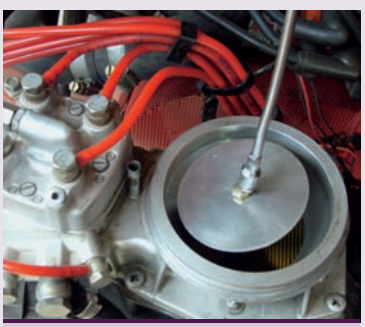
Técnica

Ajuste del plato-sonda

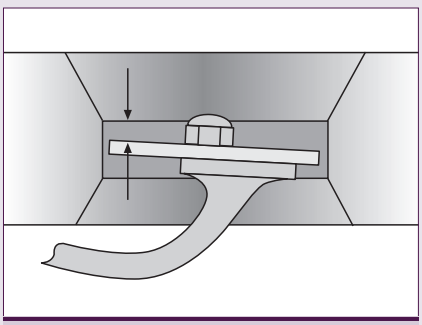
•• El ajuste del plato-sonda se puede realizar de la siguiente forma:

- En primer lugar poner la cubierta al plato-sonda y hacer funcionar el motor durante 30 segundos. Seguidamente parar el motor y quitar la cubierta al plato-sonda.
- Comprobar que la placa del sensor se desplaza correctamente a lo largo de todo su recorrido (figura 3.14).
- Comprobar que la superficie de la placa del sensor esté a 1,9-3 mm por debajo del tronco superior del venturi (figura 3.15)
- El plato-sonda debe estar centrado y no debe tocar ninguno de los lados del cuerpo del sensor de flujo del aire.
- Si la medida (1,9 a 3 mm) no es correcta, corregirla doblando la grapa que se encuentra debajo del plato sonda hasta conseguir la medida correcta (figura 3.16). Además, desenroscar el tornillo que se encuentra en el plato-sonda y centrar el plato evitando que toque el cuerpo del sensor. Apretar el tornillo con llave dinamométrica a una presión de 5,0 a 5,5 Nm.

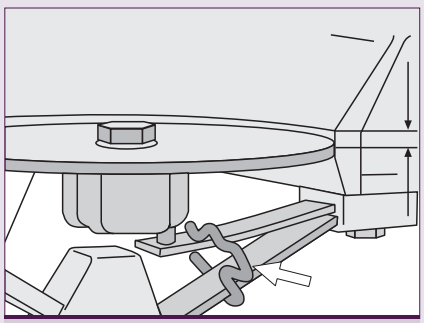
Es importante no doblar el resorte de lámina que para al plato-sonda. El plato-sonda tiene en la base de su cuerpo cinco puntos o una marca que identifica la posición en la que va instalado. Si el plato se desmonta, se debe volver a colocar en su posición correcta.



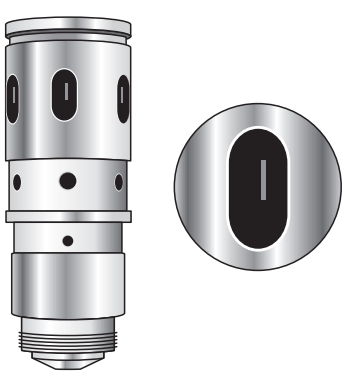
3.14. Comprobación del desplazamiento de la placa del sensor.



3.15. Posición de la placa del sensor.



3.16. Reglaje de la placa del sensor.



3.17. Las lumbreras de control miden aproximadamente 0,2 mm de ancho.

Distribuidor-dosificador de combustible

El distribuidor-dosificador (figura 3.18) de combustible es el encargado de garantizar el reparto de combustible a los inyectores según la posición del plato-sonda del medidor del caudal de aire.

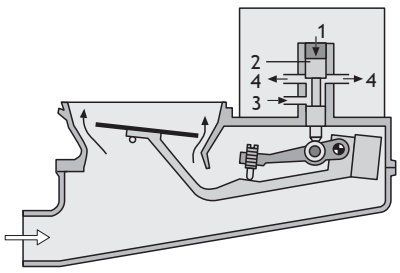
La posición del plato-sonda es comunicada al **émbolo (2)** del distribuidor-dosificador (figuras 3.19 y 3.20) por medio de una palanca, encargándose el émbolo de dosificar el combustible que se debe inyectar.

Según la posición que ocupe en la cámara cilíndrica con **lumbreras (figura 3.17)**, el émbolo de control deja libre la sección correspondiente de la lumbrera (3 y 4), a través de la cual puede circular el combustible para llegar a las **válvulas de presión diferencial** y, por consiguiente, a las de inyección.

Si la **carrera del plato-sonda es corta**, el émbolo de control solo se desplaza ligeramente, con lo que únicamente se libera una pequeña sección de la lumbrera.

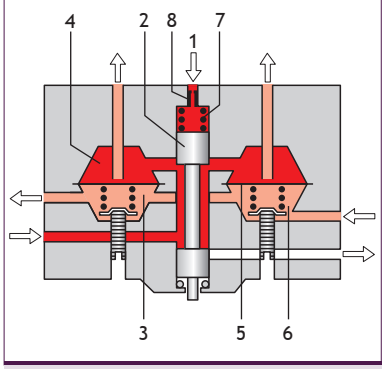
Con una **carrera larga del plato-sonda**, el émbolo de control libera una sección mayor de la lumbrera. Por tanto, entre la carrera del plato-sonda y la sección liberada en la lumbrera de control existe una **relación lineal**.

3.18. Aspecto exterior del distribuidor-dosificador.



3.19. Cámara cilíndrica de lumbreras y estrangulador de mando.

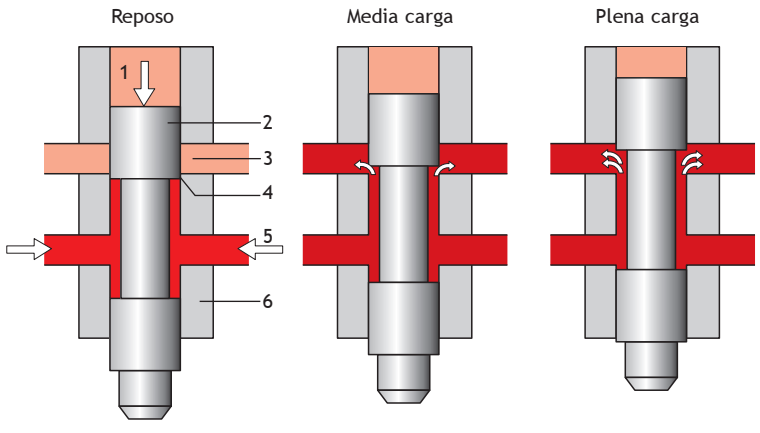
1. Presión de control
2. Émbolo de control
3. Cámara inferior de la válvula diferencial
4. Cámara superior de la válvula diferencial
5. Membrana de la válvula diferencial
6. Muelle de la válvula diferencial
7. Muelle de compresión
8. Estrangulador



3.20. Distribuidor-dosificador con válvulas de presión diferencial.

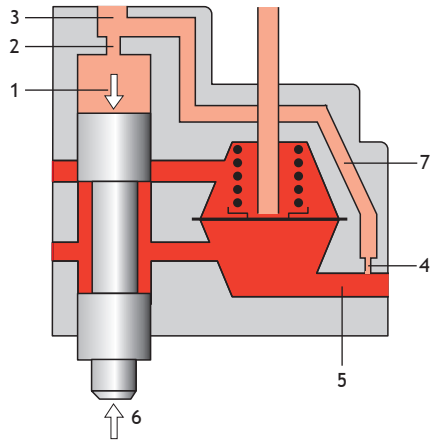
El émbolo de control puede tener tres estados diferentes de levantamiento con respecto a su cámara cilíndrica y sus lumbreras (figura 3.21):

- **Posición de reposo:** el plato-sonda está en su posición baja y el émbolo (2) tapa los conductos de entrada (3) de la gasolina hacia las válvulas de presión diferencial en su parte superior.
- **Posición de media carga**: el plato sonda ha elevado hasta una posición medida el émbolo, de modo que se inicia la abertura de las lumbreras y se produce el paso del combustible hacia las válvulas de presión diferencial en su parte superior.
- **Posición de plena carga**, el émbolo se ha elevado al máximo y el paso de combustible es también el máximo posible. Esta situación corresponde a la solicitación de la máxima potencia del motor por parte de su conductor, que mantiene la mariposa del acelerador completamente abierta y el plato-sonda elevado al máximo.



1. Presión de control
2. Émbolo de control
3. Lumbrera de control
4. Borde de control
5. Entrada de combustible
6. Cámara cilíndrica de lumbreras

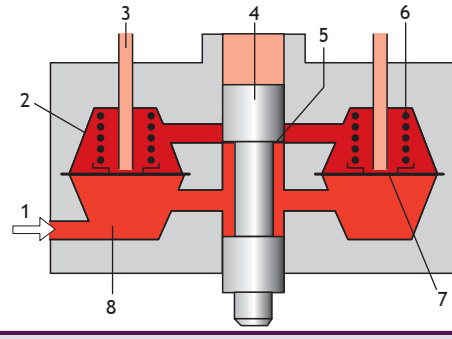
3.21. Cámara cilíndrica de lumbreras con émbolo de mando.



3.22. Presión del sistema y presión de control.

1. Presión de control
2. Estrangulador de amortiguación
3. Conducto al regulador de la fase de calentamiento
4. Estrangulador de desacoplo
5. Presión del sistema
6. Efecto plato-sonda
7. Conducto de comunicación de presión del sistema y presión de control

1. Entrada de combustible
2. Cámara superior
3. Tubería de la válvula de inyección
4. Émbolo de mando
5. Borde de control
6. Muelle de la válvula
7. Membrana de válvula
8. Cámara inferior



3.23. Distribuidor-dosificador con válvulas de presión diferencial.

Presión de control y presión del sistema

La **presión de control** que actúa sobre la parte superior del émbolo de control se toma de la tubería principal de presión a través de un orificio de limitación.

Esto separa el circuito de presión de control y el circuito de **presión del sistema**. La vía de presión de control también se conecta al distribuidor de combustible y al regulador de la fase de calentamiento.

La función principal de la presión de control es la de actuar como un **amortiguador** del émbolo de control en el distribuidor de combustible para evitar el movimiento innecesario de la placa sensora del caudal de aire debido a un caudal desigual. De esta forma influye en la dosificación de combustible.

La figura 3.22 muestra la acción de esta fuerza antagonista. La presión de control (1) se deriva de la misma presión reinante en el circuito (5), por medio del conducto (7). Este conducto tiene una entrada estrangulada de amortiguación (2) en la misma entrada de la cámara émbolo de control, además de otro estrangulamiento de desacoplo (4). Esta presión de control se opone a la elevación del émbolo.

Si la **presión de control es baja**, la placa sensora del caudal de aire puede desviarse más según la entrada de aire. Esto hace que el émbolo de control se desplace más hacia arriba y deje que se inyecte más combustible. De modo inverso, si la **presión de control es alta**, la placa sensora del caudal de aire se desviará menos según la entrada de aire. El émbolo de control se moverá menos y, por consiguiente, se inyectará menos combustible.

Al arrancar en frío, la presión de control es de 0,5 bar siendo elevada hasta aproximadamente 3,7 bar por el regulador de la fase de calentamiento, a medida que va aumentando la temperatura del motor.

Válvulas de presión diferencial

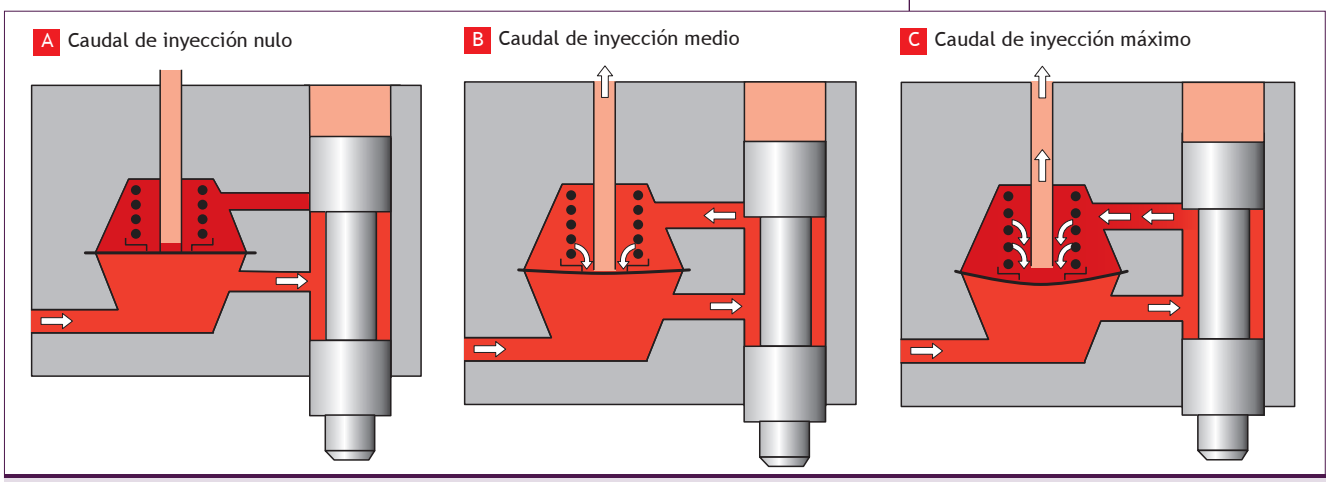
Las válvulas de presión diferencial (figura 3.23) son las encargadas de originar una caída de presión uniforme en los estranguladores de control, es decir, mantienen constante la caída de presión en las lumbreras de control, cualquiera que sea el caudal de combustible.

La presión diferencial entre ambas cámaras es de 0,1 bar. Así se consigue una regulación altamente precisa. Estas válvulas son de asiento plano con dos cámaras estancas (2 y 8) separadas por una membrana (7). Cada una de las válvulas está comunicada con una lumbrera de control y existen tantas válvulas como cilindros se han de alimentar.

Las cámaras inferiores (8) de todas las válvulas están conectadas entre sí por una tubería circular y se encuentran sometidas a la misma **presión de alimentación** (presión del sistema) que procede de la electrobomba.

Cada una de las cámaras superiores (2) va conectada a una lumbrera de control y a los racores de las válvulas de inyección (3) y están estanqueizadas entre sí. Constan de un muelle tarado (6) de una forma muy precisa, que ofrece una cierta presión sobre la membrana.

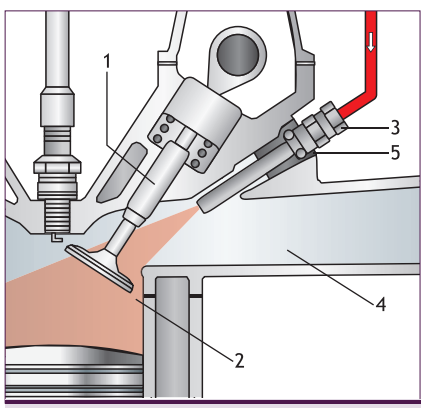
- **Posición de reposo** (figura 3.24.A). En el interior del muelle helicoidal están los tubos que conducen el combustible directamente hacia los inyectores, los cuales tienen el extremo prácticamente obstruido por la membrana, de modo que esta obstaculiza el paso del combustible.
- **Posición de media carga** (figura 3.24.B). El émbolo de control se ha levantado y deja paso a una cantidad limitada de combustible. La presión diferencial entre las cámaras suele encontrarse entre 0,1 y 0,2 bar (puede ser regulada actuando en un tornillo que presiona sobre el muelle y que no está representado en la figura) de modo que la penetración del combustible se flexa ligeramente y permite el paso del mismo.
- **Posición de plena carga** (figura 3.24.C). La mayor subida del émbolo hace que el paso de la gasolina por la lumbrera sea mayor y el flexamiento de la membrana sea también superior, con lo que se consigue una mayor abertura del paso de combustible hacia el conducto del inyector.



3.24. Diferentes posiciones de las válvulas de presión diferencial.

Formación de la mezcla

La mezcla (figura 3.25) se produce en el tubo de admisión (4) y en los cilindros del motor (2). El combustible es inyectado de forma ininterrumpida por los inyectores (3), almacenándose delante de cada válvula de admisión del motor (1). Al abrir la válvula, el caudal de aire aspirado arrastra la nube de combustible y provoca, a causa del torbellino creado en el momento de la admisión, la formación de una mezcla gaseosa inflamable.



3.25. Formación de la mezcla.

1 Válvula de admisión
2 Cámara de combustión
3 Válvula de inyección
4 Tubo de admisión
5 Aislamiento térmico

3.3 > Adaptación de la mezcla

Existen distintos estados de servicio que obligan a intervenir en la formación de la mezcla con el objetivo de elevar la potencia, mejorar la composición de los gases de escape o hacer que el vehículo se comporte de la mejor forma durante el arranque o fase de aceleración.

Arranque en frío

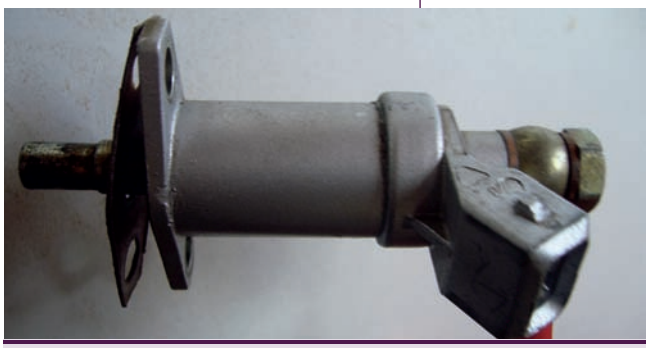
Al **arrancar en frío** la mezcla aire-combustible aspirada se empobrece. Este empobrecimiento es debido a la deficiente mezcla de las partículas de combustible a bajo régimen, a la escasa volatilización del combustible y a la abundante condensación que se produce en las paredes frías del colector de admisión a baja temperatura. Para compensar esto y facilitar el arranque del motor frío, en el momento del arranque debe inyectarse un **caudal adicional de combustible, que está en función de la temperatura del motor.**

Inyector de arranque en frío

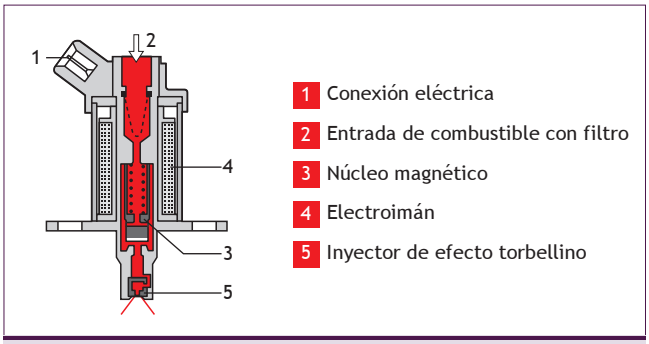
Para compensar las pérdidas de parte del combustible por condensación en las paredes del colector de admisión y cámara de combustión durante el arranque en frío se dispone de un **inyector de arranque en frío** (figura 3.26) que aporta una cantidad adicional de combustible (mezcla rica). La duración de la inyección depende principalmente de la temperatura del motor.

El inyector de arranque en frío es un dispositivo de accionamiento eléctrico que solo funciona cuando se activa el motor de arranque (borne 50). El circuito se completa con un **interruptor térmico temporizado** que es sensible a la temperatura del refrigerante.

El inyector de arranque en frío (figura 3.27) consta de un núcleo magnético (3) que un muelle mantiene en posición de cerrado cuando no existe corriente en el electroimán (4). La entrada del combustible se efectúa, pero no hay circulación si el núcleo magnético está en posición de reposo. En la punta del dispositivo se ha dispuesto de una cabeza de inyector (5) que produce un efecto de torbellino cuando el combustible tiene el paso abierto hacia el colector de admisión. En cuanto a su parte eléctrica, dispone del electroimán (4) y también de una doble toma de corriente en su conector (1). Ello es debido a que este electroimán no descarga masa directamente en el mismo aparato sino que lo hace a través del interruptor térmico temporizado.



3.26. Inyector de arranque en frío.



3.27. Válvula de arranque en frío.

Técnica

Comprobación del inyector de arranque en frío

3.28. Comprobación de la resistencia del inyector de arranque en frío.

•• En los **inyectores de arranque en frío** se pueden realizar las siguientes pruebas prácticas:

a) Comprobación de inyección y caudal

- Desconectar el conector del inyector y poner a masa el cable de alta de la bobina de encendido.
- Quitar el inyector del colector de admisión.
- Conectar el terminal de la válvula auxiliar de aire en el inyector de arranque en frío.
- Poner un recipiente debajo de la tobera del inyector de arranque en frío para recoger el combustible. Conectar el encendido.
- Deberá existir una inyección continua mientras el motor gire y con una cantidad según la indicada por el fabricante. Si no existe inyección se cambiará el inyector.

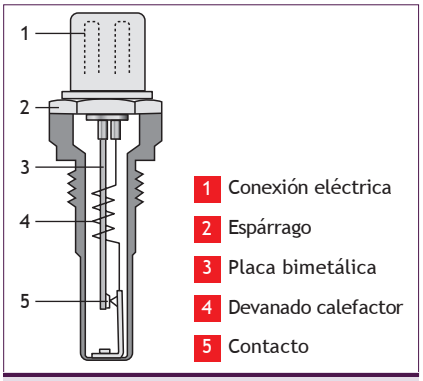
b) Comprobación de resistencia. El contacto debe estar desconectado. Se quita el conector del inyector y al medir entre los terminales del mismo la resistencia será de 2 a 5 Ω aproximadamente (figura 3.28).

Interruptor térmico temporizado

Este componente (figura 3.29) limita el tiempo de funcionamiento del inyector de arranque en frío dependiendo de la temperatura del motor. La duración, por tanto, depende del grado de calentamiento del interruptor producido por el calor del motor, la temperatura ambiente y su propia calefacción eléctrica. Esta calefacción interna limita el tiempo máximo de inyección del inyector.

Está formado (figura 3.30) por un conector de dos conexiones (1), una para la alimentación de su resistencia y la otra para dar masa a la corriente que proviene del inyector de arranque en frío. Cuando la resistencia (4) esta fría, la placa bimetálica (3) se encuentra sin doblar y su contacto (5), puede establecer el circuito de masa. Cuando la resistencia calienta la placa bimetálica esta se dobla y se interrumpe el paso a masa de la tensión positiva procedente del bobinado del inyector de arranque en frío.

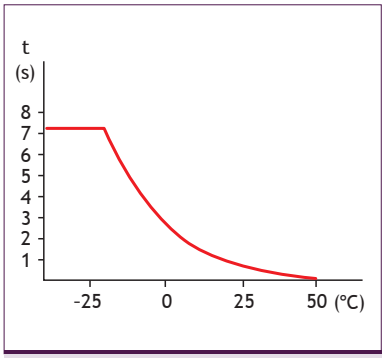
3.29. Interruptor térmico temporizado.



3.30. Esquema del interruptor.

Tiempo de accionamiento del inyector de arranque en frío

En caso de arranque en frío, la autocalefacción determina un máximo de 8 a 12 segundos de activación del inyector. En caso de motor a temperatura de servicio, el propio calor del motor hace que se separen los contactos del interruptor interrumpiendo la inyección del inyector adicional (figura 3.31).



3.31. Curva accionamiento del interruptor en función de la temperatura.

>> Casos prácticos

Funcionamiento completo del sistema de arranque en frío

•• Explica brevemente el funcionamiento conjunto del inyector de arranque en frío y del interruptor térmico temporizado.

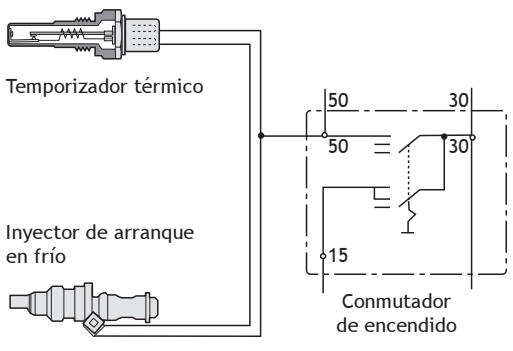
Solución ••

Cuando el motor está parado y frío (líquido refrigerante inferior a 35 °C) y el conductor gire la llave de contacto a la posición de arranque, es decir, accionan el motor de arranque (borne 50), la corriente procedente del relé de control pasa al inyector de arranque en frío (12 V), se activará su electroimán interno y dejará abierto el paso del combustible (figura 3.32).

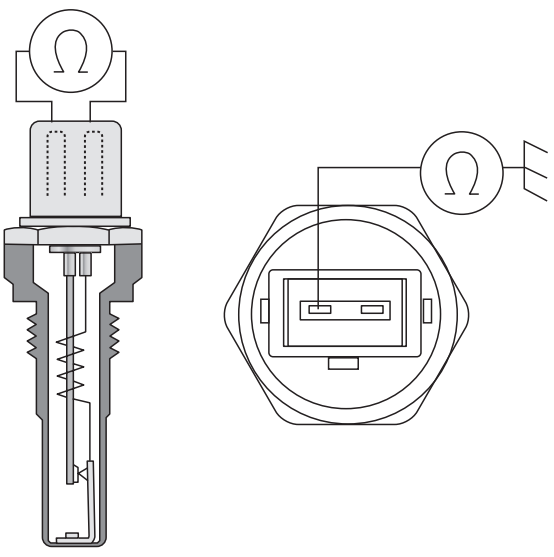
Al mismo tiempo que pasa la corriente al inyector de arranque en frío, lo hace también al interruptor térmico temporizado, el cual dispone de una resistencia sobre una lámina bimetal. Cuando esta resistencia se calienta se dobla la lámina y se interrumpe el retorno a masa del inyector de arranque en frío, de modo que su electroimán se desactiva e impide que la gasolina siga fluyendo. Este interruptor actúa temporizado ya que el tiempo que permanece en contacto depende de la corriente que pasa por su resistencia, y está calculado entre 8 y 12 segundos. Si el inyector de arranque en frío no se desconectara sería muy fácil que el motor llegara a ahogarse, en cuyo caso la puesta en marcha sería después muy difícil.

El sistema se desconecta inmediatamente cuando el conductor deja de accionar la posición de arranque de la llave de contacto.

Para **comprobar la resistencia** se desmontará el termointerruptor y se comprobará la resistencia entre sus dos terminales y entre un terminal y masa, esta última cuando este sea sumergido en un recipiente con agua a diferentes temperaturas (figura 3.33). Se compararán los resultados con los del fabricante.



3.32. Circuito de arranque en frío.

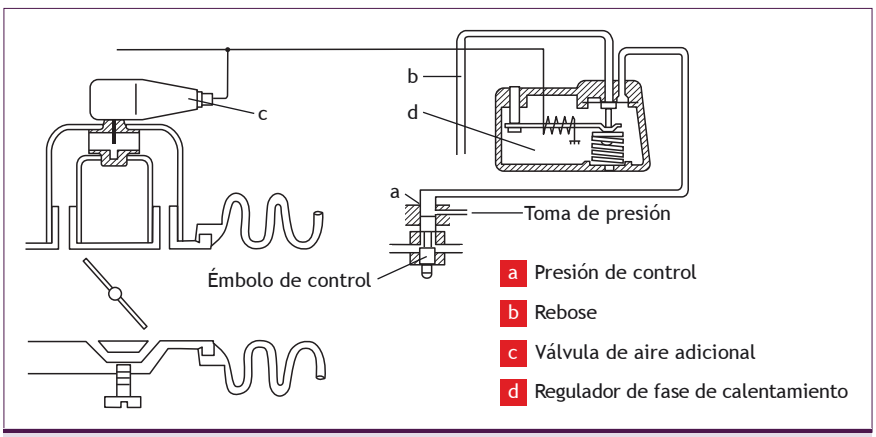


3.33. Comprobación de resistencias en el interruptor térmico temporizado.

Fase de calentamiento

A medida que el motor se calienta después del arranque en frío, una parte del combustible inyectado se sigue condensando en las paredes de los colectores y de los cilindros. Por tanto, la mezcla de aire-combustible necesita ser enriquecida durante el calentamiento del motor, y también ser empobrecida a medida que va aumentando la temperatura del motor, ya que si no la mezcla se estaría sobreenriqueciendo.

Esta regulación de mezcla se realiza por medio de una **válvula de aire adicional y un regulador de la fase de calentamiento** (figura 3.34).



3.34. Elementos de la fase de calentamiento del sistema K-Jetronic.

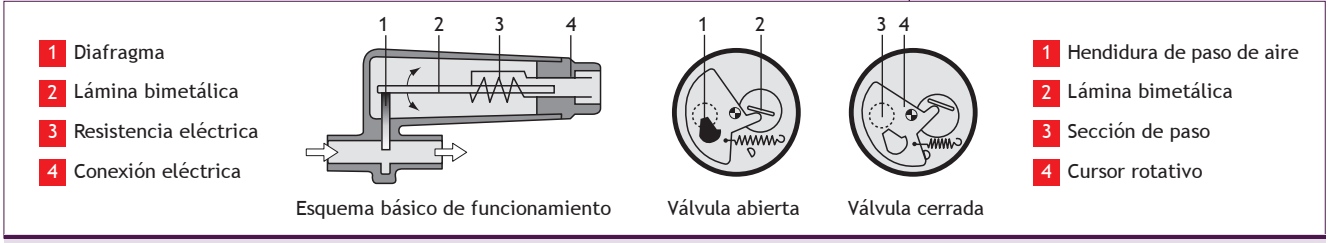
Válvula de aire adicional

Cuando el **motor está frío** esta válvula (figuras 3.35 y 3.36) permite mayor paso de aire aún cuando la mariposa de aceleración esté cerrada, por medio de un **conducto de by-pass** que deja en cortocircuito a la mariposa de gases. Con esto se consigue una **velocidad de ralentí más alta durante el periodo de calentamiento del motor**, ayudando a vencer las resistencias por fricción de un motor frío y ralentí suave.

Esta válvula se acciona por el efecto combinado de una lámina bimetálica (2) que se calienta eléctricamente mientras que el motor está funcionando y por el calor del sistema de refrigeración del motor.

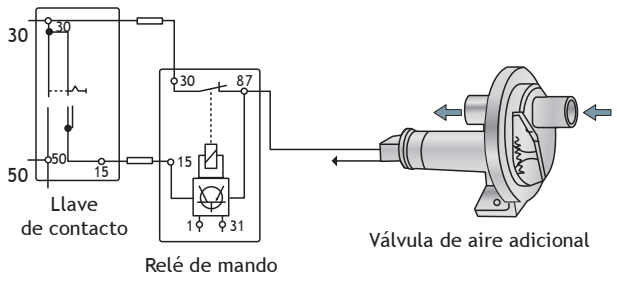
Está formada por un conducto por el que puede pasar una cantidad suplementaria de aire. Este conducto puede ser cerrado por medio de un diafragma (1), que puede llegar a encajarse en su ranura impidiendo por com-

3.35. Aspecto de la válvula de aire adicional.



3.36. Válvula de aire adicional.

pleto el paso del aire. La posición del diafragma está regida por una varilla bimetálica (2) que dispone a su alrededor de una resistencia eléctrica (3), capaz de generar más o menos calor según el valor de la corriente que la atraviesa. Como la lámina está compuesta de dos metales diferentes, con un coeficiente de dilatación muy diferente, debidamente soldados entre sí, cuando se produce este calor en la lámina, esta se dilata pero lo hace más por un lado que por otro, y ello ocasiona su doblado. Gracias a un control riguroso de este ángulo de doblado se puede conseguir que la varilla bimetálica ejerza una presión de cierre sobre el diafragma.



3.37. Esquema eléctrico de conexión a la válvula de aire adicional.

La corriente que recibe procede del relé de mando (figura 3.37), el cual controla el valor de la corriente de acuerdo con los valores que recibe del interruptor térmico temporizado que le llega a través de la llave de contacto.

Cuando el motor está frío, la lámina bimetálica no recibe corriente, de forma que no se dobla y el diafragma no obtura el paso by-pass. Por el contrario, **cuando el motor empieza a calentarse cada vez es mayor la cantidad de corriente que pasa a la resistencia de calentamiento**, de modo que la varilla se va doblando. Con ello el diafragma se va cerrando lentamente hasta que el calor del motor está a la temperatura correcta. Este es el momento en que se recibe la máxima corriente en la resistencia y ello produce el cierre total del conducto by-pass y la eliminación de este paso adicional de aire.

Se puede concluir que la tira bimetal va a **anular** el paso del aire (dejar de pasar aire desde antes a después de la mariposa) por dos efectos distintos: tensión (voltios) a través de la resistencia, y por efecto de la temperatura del motor. Ambos efectos bloquean el paso del aire.

Técnica

Comprobaciones de la válvula de aire adicional

•• Las comprobaciones que se realizan para conocer el correcto funcionamiento de la válvula de aire adicional son:

a) Comprobación de la resistencia. Conectar un ohmnímetro entre los dos terminales de la válvula auxiliar de aire (figura 3.38). La lectura debe ser aproximadamente de 40 Ω. Para realizar esta prueba no se debe haber dado el contacto durante 60 minutos previos a la medición.

b) Comprobación de funcionamiento

- **Con motor frío.** Conectar un voltímetro entre los terminales de la válvula. Al accionar el motor de arranque brevemente el instrumento de medida indica la tensión de batería.
- **Con motor frío y las tuberías de aire desconectadas.** Se puede observar cómo cierra gradualmente la abertura de la placa de bloqueo cuando se conecta el encendido (figura 3.39). Si no hay movimiento se debe cambiar la válvula auxiliar de aire.

3.38. Comprobación de la resistencia de la válvula de aire adicional.

- **Con el motor frío y en ralentí.** Pinzar el tubo flexible de aire entre la válvula de aire de ralentí adicional y el colector de admisión. En esta situación la velocidad del motor debe disminuir. En caso contrario, sustituir la válvula.
- **Con el motor caliente y en ralentí.** Pinzar el tubo flexible de aire entre la válvula de aire de ralentí adicional y el colector de admisión. En esta situación la velocidad del motor debe permanecer constante. En caso contrario se sustituirá la válvula.
- Para todos los automóviles, la válvula deberá estar **completamente cerrada** cuando el motor alcance 70 °C. La duración máxima de funcionamiento desde que el motor se arranca en frío hasta que se cierra completamente (partiendo de unos 20 °C) será de 5 minutos.

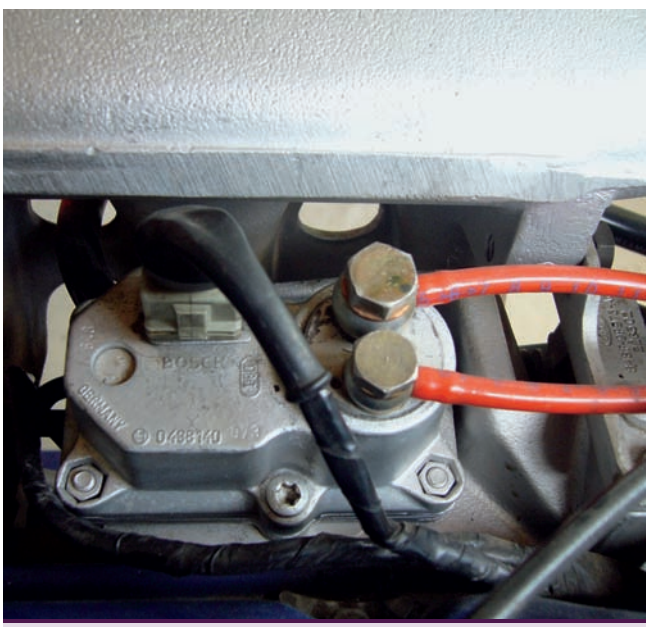
3.39. Control de movimiento de diafragmas.

Regulador de la fase de calentamiento

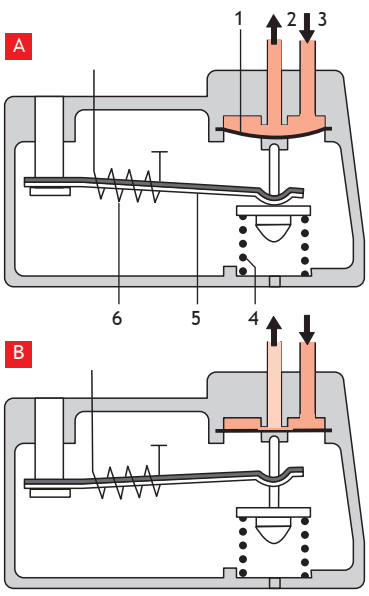
Este regulador (figura 3.40) sirve para enriquecer de combustible la mezcla durante el calentamiento del motor compensando la cantidad de combustible que se condensa en las paredes frías del conjunto de la admisión, enriqueciéndose la mezcla mientras el motor está frío y en fase de calentamiento.

Regula la **presión de control** creando, por tanto, las variaciones en la presión ejercida sobre el émbolo de control del distribuidor-dosificador. Para ello se sitúa en un lugar del motor donde adquiera rápidamente la temperatura que este vaya obteniendo.

El regulador (figura 3.41) consta de una válvula de membrana (1) de asiento plano y una lámina bimetálica (5), que se puede calentar además de por temperatura del motor por una resistencia eléctrica de calefacción (6).



3.40. Regulador de la fase de calentamiento sin toma de aire.

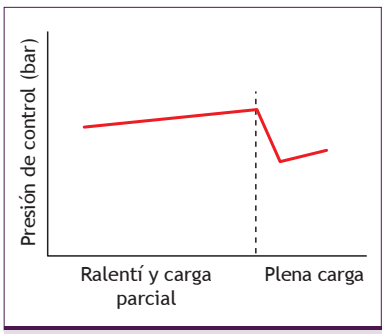


3.41. Regulador de la fase de calentamiento.

Cuando el motor está frío, la fuerza ejercida por la lámina bimetálica se opone a la fuerza generada por el muelle (4) de la válvula. Este, en efecto, reducirá la presión ejercida sobre la membrana de válvula y permitirá que **el combustible fluya libremente fuera del sistema de presión de control al depósito** (de 3 a 2), disminuyendo de forma eficaz la **presión de control**. Mientras gira el motor, se calienta eléctricamente la lámina bimetálica (corriente del relé de mando) y también después del arranque. La creciente temperatura del motor, en su fase de calentamiento, afectará a la presión sobre el muelle de la válvula, reduciendo de este modo la fuerza aplicada al muelle y aumentando la fuerza de este sobre la membrana de válvula. Este **limita el retorno de combustible y aumenta la presión de control.**

Regulador de calentamiento con dispositivo de enriquecimiento para plena carga

En algunos casos es necesario el enriquecimiento con una mezcla adicional cuando el motor está **funcionando a plena carga**. Esto se consigue mediante el uso de un regulador de calentamiento diseñado especialmente, que **ajusta la presión de control con respecto a la presión del colector.**

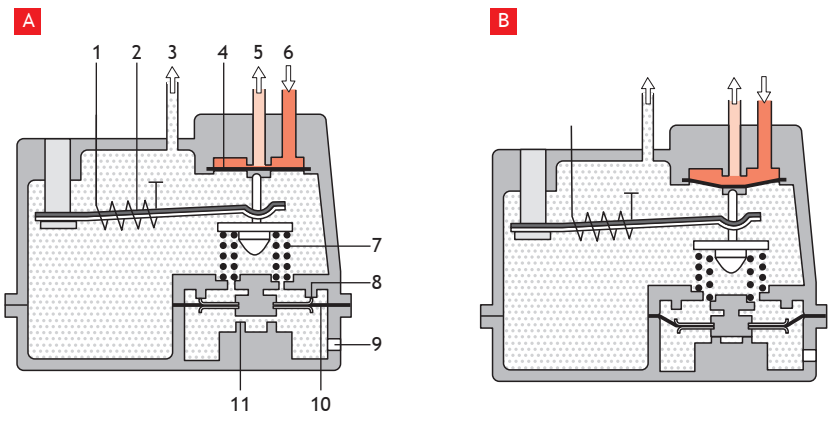


3.42. Dependencia de la presión de control de la carga del motor.

En la figura 3.42 puede verse la forma ideal de cómo debería tratarse la presión de control de carga para conseguir incidir en la dosificación en todos los momentos de carga. **A medida que se sobrecarga el estado de carga parcial es conveniente disminuir la presión de control para conseguir un mayor enriquecimiento**.

El regulador (figura 3.43) incorpora un segundo muelle (7) y membrana (10). Esta membrana divide el regulador de calentamiento en dos cámaras. La cámara superior está sujeta a la presión del colector (3) mientras que la cámara inferior lo está a la presión atmosférica (9).

El interior de la cámara superior se encuentra en **comunicación con el colector de admisión** del motor por medio del conducto (3), de modo que aquí se mantienen las mismas variaciones de presión que se encuentran en el citado colector. La válvula de paso de la presión de control es semejante, pero dispone esta vez de dos muelles que pueden hacerla actuar independientemente uno de otro.



3.43. Regulador de la fase de calentamiento con dispositivo de plena carga.

1 Calefacción eléctrica
2 Bimetal
3 Conducto de presión del colector de admisión
4 Membrana de la válvula
5 Retorno al depósito
6 Presión de mando
7 Muelles de válvula
8 Tope superior
9 Ventilación
10 Membrana
11 Tope inferior
A Ralentí y carga parcial
B Plena carga

La baja presión (mayor succión) reinante en el colector de admisión en los **márgenes de ralentí y carga parcial** hace que la membrana (4) se eleve hasta su tope superior, lo que da al muelle interior su máxima fuerza inicial. La fuerza inicial de los dos muelles de válvula origina, por tanto, un valor determinado de presión de control para estos márgenes de carga que evitan el enriquecimiento.

Abriendo más la mariposa **a plena carga**, la presión en el colector de admisión aumenta (menos succión), con lo que la membrana se suelta de su tope superior y es presionada contra el inferior (11). En esta situación el muelle de válvula interior se afloja, la presión de control se reduce en el valor prefijado y con ello se consigue el enriquecimiento de la mezcla.

Técnica

Comprobación de enriquecimiento a plena carga

•• La comprobación de enriquecimiento a plena carga para reguladores con toma de vacío al colector de admisión se realiza de la siguiente forma:

- Dejar el coche en ralentí y hacer la prueba con el motor en caliente.
- Sacar el tubo de vacío del regulador de fase de calentamiento y comprobar que la presión de control coincide con la especificada en los datos técnicos (presión de control en caliente sin vacío).
- Desconectar el tubo que va del colector de admisión al regulador de calentamiento. Aplicar un vacío con la bomba de vacío al regulador de calentamiento y comprobar que la presión aumenta. Si el vacío aplicado con la bomba no se mantiene durante 15 segundos, comprobar fugas en el tubo.
- Antes de cambiar el regulador de presión, comprobar el nivel de suministro en el circuito de presión de control. Dicha comprobación se realiza desenroscando la tubería de presión de control y colocando un tubo flexible en el distribuidor. Llevarlo a una probeta calibrada y ver que el nivel de suministro está entre 160 y 240 cm^3/min.

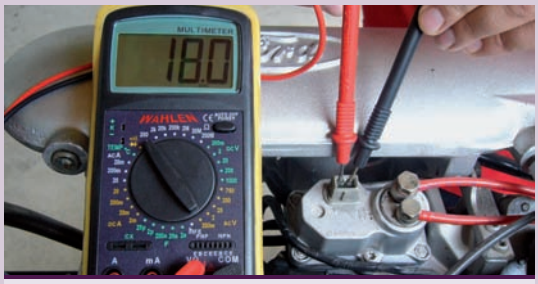
Casos prácticos

Comprobaciones eléctricas del regulador de fase de calentamiento

•• ¿Cómo puedes realizar las comprobaciones eléctricas del regulador de fase de calentamiento?

Solución ••

- Puentea los terminales 30 y 87 del relé de seguridad.
- Conecta un voltímetro entre las conexiones del cableado del regulador de calentamiento. Esta debe ser de 11,5 V, aproximadamente. De no ser así, comprobar si el cableado hace una buena conexión a masa y la conexión entre el regulador de calentamiento y el relé.
- Conecta un óhmetro entre los terminales del regulador de calentamiento. La resistencia será de 16 a 20 Ω (figura 3.44). De no ser así, sustituir el componente.



3.44. Medida de la resistencia del regulador de la fase de calentamiento.

4 >> Otros procedimientos para la comprobación del sistema

4.1 > Pruebas iniciales

Antes de iniciar cualquier comprobación se tendrán en cuenta las siguientes pruebas iniciales:

- Cerciorarse de que la batería está en buen estado de carga y que las conexiones principales estén limpias y apretadas.
- Comprobar que el sistema de encendido es satisfactorio.
- Cerciorarse de que las conexiones del cableado a los componentes eléctricos de la inyección de combustible estén limpias y apretadas.
- Cerciorarse de que exista combustible suficiente en el depósito.
- Examinar las tuberías de combustible por si tienen fugas, están dañadas o tienen obstrucciones.
- Comprobar el estado del filtro de aire, tuberías de vacío y tuberías del respiradero del motor.
- Comprobar el estado del filtro de combustible antes de probar la presión de la bomba de combustible, el suministro o la salida.
- Todas las pruebas, excepto cuando se indique lo contrario, se deben llevar a cabo con el motor frío.

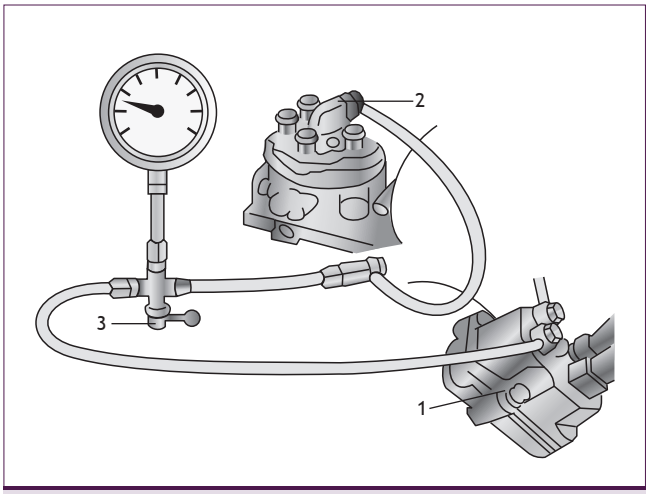
4.2 > Presiones en el circuito

Como norma básica recomendada deben obtenerse los siguientes valores de presión:

- **Presión de control**. Con motor frío y desconectado, los conectores del regulador en fase de calentamiento y la válvula de aire adicional, se medirá **encima** de la membrana y deberán obtenerse unos valores según esté la temperatura del regulador de fase de calentamiento:

  - 20 °C: 1,0 a 1,5 bar
  - 25 °C: 1,2 a 1,7 bar
  - 30 °C: 1,5 a 2,2 bar

- **Presión de control.** Con motor caliente se conectan los conectores del regulador de fase de calentamiento y válvula de aire adicional. Se medirá igual que con motor frío, pero el regulador fase de calentamiento deberá estar por encima de 25 °C. Transcurridos 2 ó 3 minutos la presión de mando deberá estar entre 3,4 a 3,8 bar o, como mínimo, alcanzarla antes de 5 minutos.
- **Presión del sistema.** Se conecta un manómetro de presión (figura 3.45 y 3.46) entre la conexión del distribuidor de combustible (2) y la conexión del regulador de calentamiento (1). La presión obtenida debe estar entre 4,5 y 5,5 bar, admitiéndose un máximo de 6 bar.
- **Presión de retención.** Después de 10 minutos el sistema deberá mantener una presión de 1,8 a 3,3 bar, y transcurridos 25 minutos deberá haber en el sistema una presión de 1,5 a 2,5 bar. En caso de no obtenerse estas presiones deberá comprobarse el acumulador de presión o fugas en las válvulas del filtro o bomba de combustible.



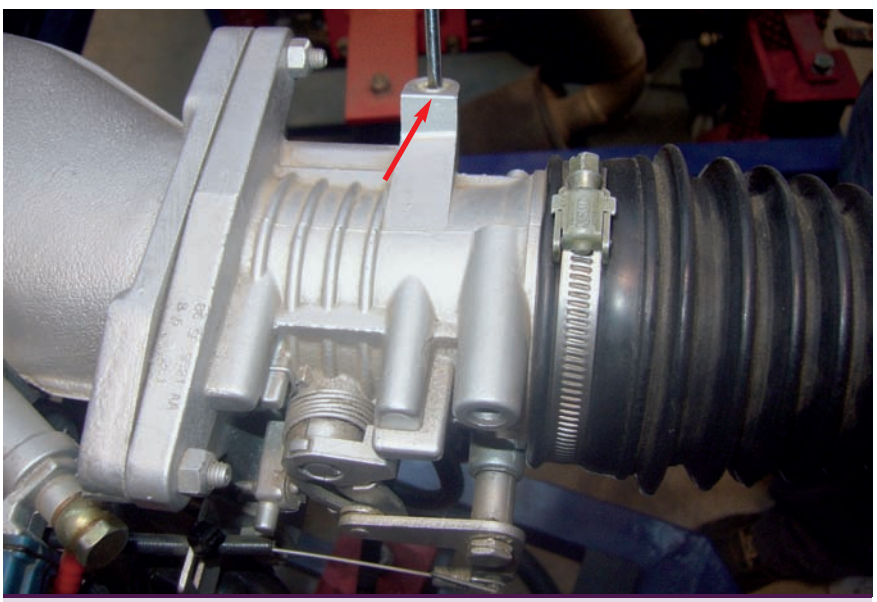
3.45. Verificación de la presión del sistema.

3.46. Juego de racores.

4.3 > Ajuste de las revoluciones a ralentí

Para ajustar el número de revoluciones a régimen de ralentí se procederá de la siguiente forma:

a) Colocar los inyectores en su posición. Hacer la prueba con el motor en caliente y desconectar cualquier carga en el coche que produzca un gran consumo.
b) Ajustar la velocidad de ralentí con el **tornillo de ajuste de ralentí** situado en el cuerpo del acelerador (figura 3.47). La velocidad debe ser igual a la especificada en los datos técnicos para ese vehículo (no hacer la prueba con el electroventilador encendido).
c) Si el ralentí no se puede ajustar, comprobar la válvula de aire y fugas en el sistema de admisión.



3.47. Regulación del régimen de ralentí, actuando sobre un tornillo by-pass de aire de la mariposa.

4.4 > Ajuste del nivel de CO

En el momento de ajuste no se debe presionar hacia abajo o levantar hacia arriba el tornillo de ajuste de CO. El ajuste se hará con el motor caliente y siempre con los equipos de gran consumo (aire acondicionado, luneta térmica, electroventilador, etc.) desconectados.

3.48. Regulador del valor de CO actuando sobre el tornillo de riqueza.

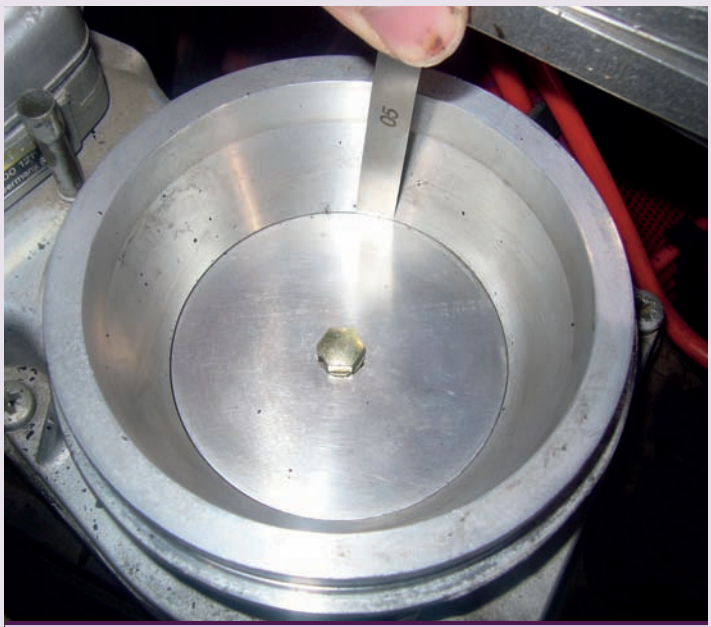
El ajuste de CO se tendrá que hacer siempre que se cambie algún elemento en el sistema de inyección.

a) Quitar el tapón que cubra el orificio donde va situado el tornillo de ajuste de CO en el sensor de flujo. Acelerar el coche a 3 000 revoluciones durante 30 segundos. Si se desconectaron los tubos de los inyectores, hacer girar varias veces a 3 000 rpm y luego unos 2 minutos al ralentí.
b) Ajustar el nivel indicado con los datos técnicos para ese coche. Haciendo girar el tornillo de CO a izquierdas, el nivel disminuirá; a derechas, aumentará. Colocar otro tapón en la unidad (figura 3.48).
c) En caso de que el nivel de CO sea muy alto, limpiar el interior del tubo que va desde el plato-sonda al cuerpo del acelerador. Si el nivel de CO es muy bajo, comprobar que no hay fugas en el sistema de admisión.

Técnica

Comprobación de centrado del plato-sonda (figura 3.49)

- Desmontar la coraza o tapa superior que cubre el plato-sonda.
- Mediante una galga de espesores verificar la distancia comprendida entre el borde del plato-sonda y la pared del cuerpo del distribuidor-dosificador. Tras esta verificación se sabe si el plato-sonda se encuentra centrado o no.
- Para que el paso anterior sea completamente efectivo, realizar la medida con las galgas en diferentes puntos (4 ó 6).
- Si las medidas fuesen diferentes, estaríamos ante un caso de descentrado de plato-sonda, con lo que se debería de actuar sobre el tornillo central del mismo para corregir el problema.
- Finalmente, una vez terminadas las operaciones necesarias, comprobar que el tornillo central se encuentra con el apriete estipulado por el fabricante.

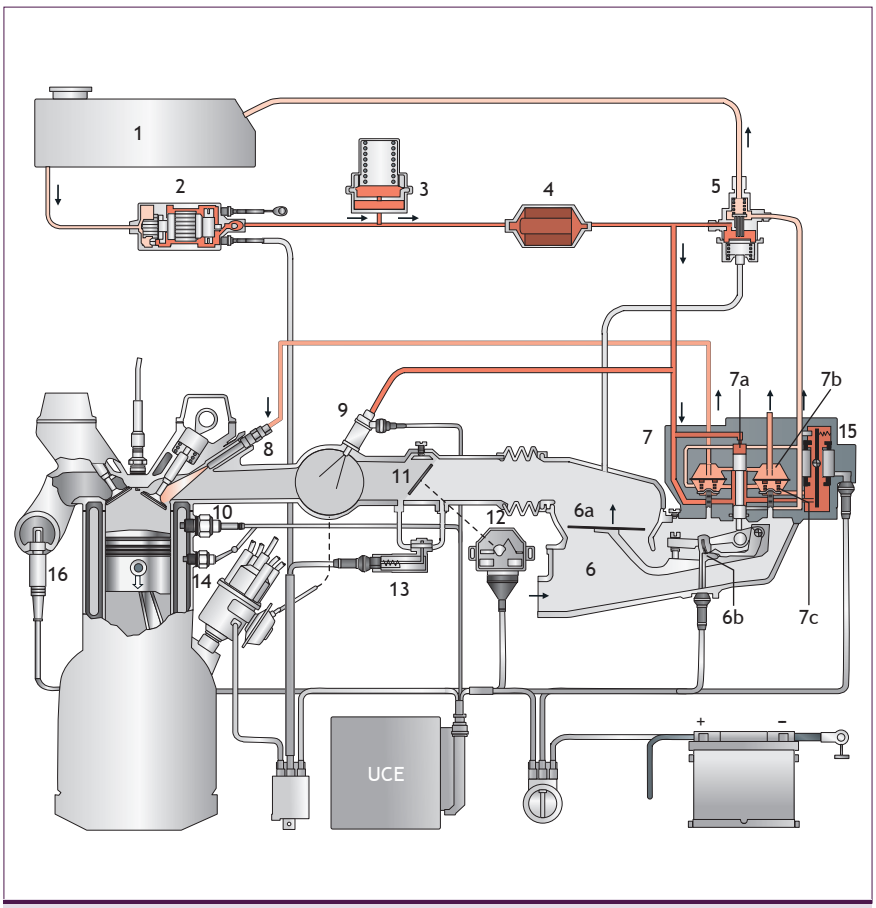


3.49. Comprobación de centrado del plato-sonda.

5 >> Inyección mecánica-hidráulica. KE-Jetronic

Este tipo de inyección (figura 3.50) es un sistema mixto, mecánico-hidráulico perfeccionado, que combina el sistema K-Jetronic con una unidad de control electrónica. La diferencia principal entre los dos sistemas es que en el sistema KE se controlan eléctricamente todas las correcciones de mezcla, por lo tanto, no necesita el circuito de control de presión con el regulador de la fase de calentamiento que se usa en el sistema K-Jetronic.

La presión del combustible sobre el émbolo de control permanece constante y es igual a la presión del sistema. El plato-sonda, desviado por la corriente de aire, manda al émbolo dosificador de combustible abriendo, en consecuencia, más o menos la lumbrera de dosificación. En su operación básica, el KE-Jetronic dosifica el combustible en función del caudal de aire aspirado por el motor, es decir, de la magnitud de control principal. Otra diferencia importante respecto al K-Jetronic es que el KE-Jetronic registra otros datos de servicio del motor mediante **sensores**. Las señales de salida de estos son procesadas en la **unidad de control electrónica**, la cual gobierna un **actuador electrohidráulico** de presión que adapta el caudal de inyección a los diferentes estados de funcionamiento en la medida exigida. En caso de avería, el KE-Jetronic trabaja según su función básica.



3.50. Sistema de inyección KE-Jetronic.

- Presión del sistema
- Presión de inyección
- Presión en la cámara superior
- Presión en la cámara inferior
- Presión atmosférica
- Presión en el tubo de admisión
- Tubería de aspiración o retorno
- 1 Depósito de combustible
- 2 Electrobomba de combustible
- 3 Acumulador de combustible
- 4 Filtro de combustible
- 5 Regulador de presión del sistema
- 6 Medidor del caudal de aire
- 6a Plato-sonda
- 6b Potenciómetro
- 7 Distribuidor-dosificador de combustible
- 7a Émbolo de mando
- 7b Cámara superior
- 7c Cámara inferior
- 8 Válvula de inyección
- 9 Válvula de arranque en frío
- 10 Interruptor térmico temporizado
- 11 Mariposa
- 12 Interruptor de mariposa
- 13 Válvula de aire adicional
- 14 Sonda térmica del motor
- 15 Actuador electrohidráulico de presión
- 16 Sonda lambda

K y KE-Jetronic

El sistema KE-Motronic difiere del sistema K y KE-Jetronic, en que incorpora el control de los sistemas de encendido y de inyección de gasolina en una UCE combinada. En todo lo demás es similar al sistema KE3, con el añadido de las señales que emite la sonda lambda (sonda de oxígeno) y que la UCE procesa para reducir las emisiones de gases tóxicos.

5.1 > Sistema de alimentación de combustible

El sistema de alimentación consta de electrobomba, acumulador, filtro, regulador de presión del sistema e inyectores.

Este sistema de alimentación de combustible apenas difiere en sus componentes del conocido K-Jetronic. La bomba celular de rodillos, accionada eléctricamente, transporta el combustible desde el depósito con una presión de 5,4 bar, en algunos casos incluso mayor, hasta el acumulador de combustible, y luego, a través de un filtro, hasta el distribuidor-dosificador.

El **actuador electrohidráulico** de presión mantiene constante la presión de alimentación en el sistema, haciendo retornar al depósito el combustible sobrante. Debido al barrido continuo del sistema de alimentación, siempre se dispone de combustible fresco, con lo cual se evita la formación de burbujas y se consigue un buen comportamiento de arranque en caliente.

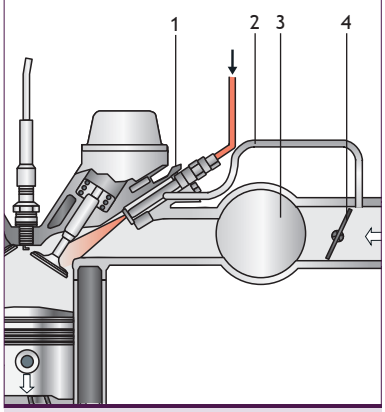
A continuación se recuerda la función de algunos componentes que trabajan de la misma forma que en el sistema K-Jetronic:

- **Electrobomba de combustible**. Aspira el combustible del depósito y lo transporta al distribuidor-dosificador de combustible.
- **Filtro de combustible.** Separa las partículas de suciedad existentes en el combustible, que podrían perjudicar al regulador de presión del sistema, al distribuidor-dosificador y a las válvulas de inyección.
- **Acumulador de combustible**. Mantiene la presión en el sistema de alimentación durante un cierto tiempo después de parar el motor y también amortigua los ruidos producidos por la bomba de combustible.
- **Válvulas de inyección.** Abren a una presión determinada y pulverizan el combustible mediante los movimientos oscilatorios de la aguja de la válvula. Se puede encontrar una variante de válvulas de inyección llamadas de **aire envolvente** (figura 3.51) que mejoran la preparación de la mezcla, en especial en ralentí, reduciendo el consumo y, por tanto, la emisión de gases contaminantes.
  Basan su funcionamiento en aprovechar la caída de presión para llevar una parte del aire aspirado por el motor a través de las válvulas de inyección pasando por la mariposa de gases, con lo cual el combustible queda fino y uniformemente pulverizado en el punto de salida.

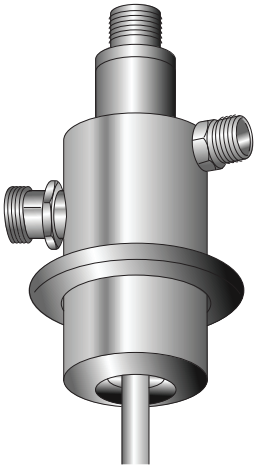
  Un componente nuevo respecto al K-Jetronic es el regulador de presión, que se explica a continuación.

- **Regulador de presión** (figura 3.52). Tiene el objetivo de mantener constante la presión de alimentación. En contraposición al K-Jetronic, en el que el regulador para la fase de calentamiento regula la presión de mando, en el KE- Jetronic **la contrapresión hidráulica sobre el émbolo de mando es idéntica a la presión del sistema**. La presión de mando debe mantenerse con exactitud aún cuando varíen considerablemente el caudal de alimentación de la electrobomba de combustible y el caudal de combustible inyectado al motor, dado que las fluctuaciones de esta presión influirían en la proporción aire/combustible.

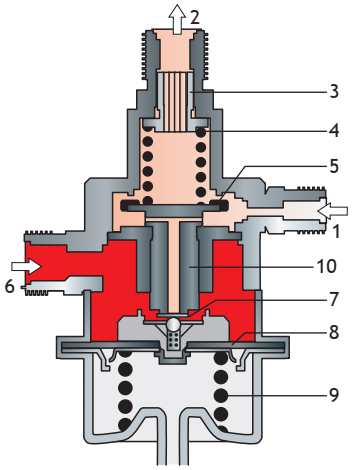
1 Válvula de inyección
2 Tubería de alimentación de aire
3 Colector de admisión
4 Mariposa



3.51. Válvulas de inyección con aire envolvente.



3.52. Regulador de presión.



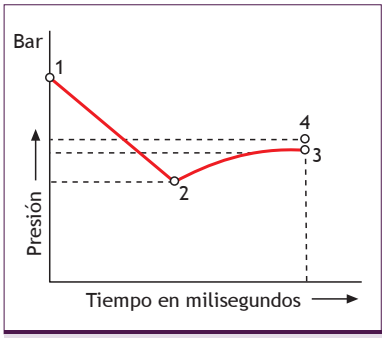
1 Retorno del distribuidor-dosificador
2 Al depósito de combustible
3 Tornillo de ajuste
4 Muelle antagonista
5 Junta
6 Entrada de la electrobomba
7 Plato de válvula
8 Membrana
9 Muelle de regulación
10 Cuerpo de válvula

3.53. Regulador de presión del sistema de combustible.

La figura 3.53 muestra una sección del regulador de presión. Por el conducto (6) proviene el **combustible de la electrobomba** y en el conducto (1) está la **conexión de retorno de combustible del distribuidor-dosificador**. La **tubería de retorno al depósito** va conectada en su parte superior (2). Cuando la bomba de combustible crea presión al arrancar, la membrana del regulador de presión (8) se desplaza hacia abajo. Al principio, el cuerpo de válvula desplazable sigue a la membrana, empujado por el muelle antagonista (4) que tiene arriba. Tras una carrera corta, el cuerpo de válvula (10) choca con un tope fijo, comenzando así la función de regulación de presión.

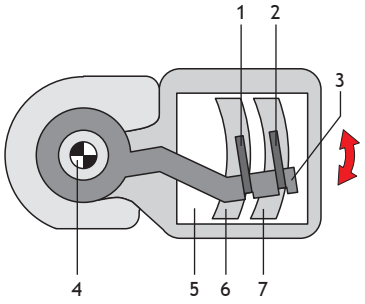
El caudal de combustible de retorno del distribuidor-dosificador, formado por la corriente del actuador de presión y por el caudal de fugas del émbolo de mando, puede regresar al depósito junto con el caudal de regulación limitador a través de la junta (5), ahora abierta. Al parar el motor, la electrobomba de combustible se desconecta. Al reducirse a continuación la presión en el sistema, el plato de válvula (7) pasa al asiento de regulación y empuja el cuerpo de válvula hacia arriba, venciendo la resistencia del muelle antagonista hasta que la junta (5) cierra el retorno al depósito de combustible. La presión del sistema disminuye rápidamente hasta la presión de cierre, de tal forma que las válvulas de inyección cierran herméticamente. Luego vuelve a subir hasta el valor fijado por el acumulador de combustible.

Para comprender bien la acción del regulador tenemos el gráfico de la figura 3.54 que nos muestra los estados de presión que se producen en el regulador. Mientras la electrobomba funciona tenemos un valor de presión configurado por el punto 1. Cuando la electrobomba se para, la membrana cierra inmediatamente el paso de la válvula principal del regulador de presión, pero la presión desciende hasta el punto 2. Acto seguido, al hacerse sensible esta pérdida de presión en todo el circuito, el acumulador suelta el combustible retenido y, como consecuencia de ello, la presión asciende hasta el punto 3 del gráfico, ligeramente por debajo del valor de inyección, que está representado por 4. De esta forma y con el motor parado, el circuito se mantiene bajo presión.



3.54. Estados de presión en el regulador.

1 Escobilla detectora
2 Escobilla principal
3 Palanca del cursor
4 Eje de la sonda volumétrica de aire
5 Placa de potenciómetro
6 Pista de detección
7 Pista de medición



3.55. Esquema de potenciómetro de plato-sonda.

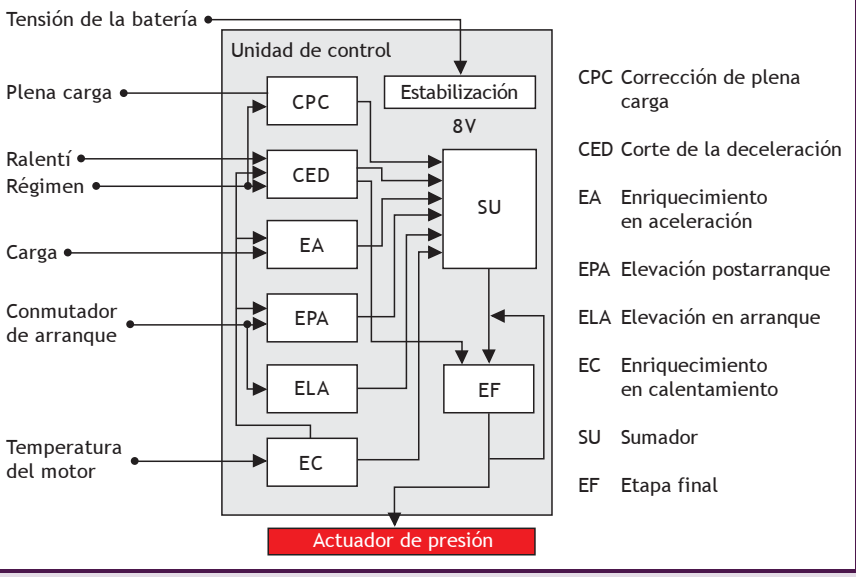
5.2 > Dosificación de combustible

El sistema KE-Jetronic coincide en los siguiente elementos con el sistema K-Jetronic para dosificar el combustible:

- **Distribuidor dosificador de combustible.** Distribuye la cantidad básica de combustible a cada cilindro según la posición del plato-sonda en el medidor de caudal de aire.
- **Válvulas de presión diferencial**. Originan una caída de presión uniforme en las lumbreras de mando.

  Los elementos diferenciados respecto al sistema K-Jetronic son la unidad de control electrónico, actuador rotativo de ralentí y actuador eletrohidráulico de presión. Estos se explican de forma detallada más adelante.
- **Medidor de caudal de aire**. Trabaja según el principio de los cuerpos flotantes, midiendo el caudal de aire aspirado, pero esta vez incorporando un potenciómetro que detecta la posición o ángulo de giro del plato sonda en el caudalímetro. Este potenciómetro suministra a la UCE una información básica que, una vez analizada y tratada, se utiliza para activar el actuador de presión electrohidráulico.

  El **potenciómetro** (figura 3.55) consta de un cursor de escobilla principal (2) que se desliza sobre la pista de medición del mismo (7). La escobilla está formada por varios alambres muy finos soldados a una palanca (3). Los diferentes alambres ejercen una presión reducida sobre la pista resistiva y debido al gran número de ellos el cursor garantiza un buen contacto eléctrico incluso con movimientos muy rápidos. La palanca del cursor está sujeta al eje de la palanca (4) del plato-sonda. Por otra parte, la tensión del cursor la toma un segundo cursor de escobilla (1), que está unido eléctricamente con el cursor principal.
- **Unidad de control electrónica**. Se encarga de analizar los datos suministrados por los sensores en relación con los estados de funcionamiento

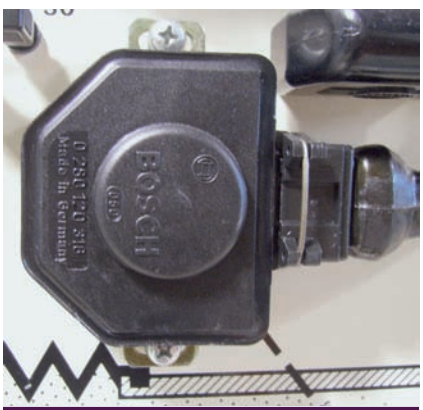


3.56. Esquema sinóptico de conexiones de la unidad de control KE-Jetronic con técnica analógica.

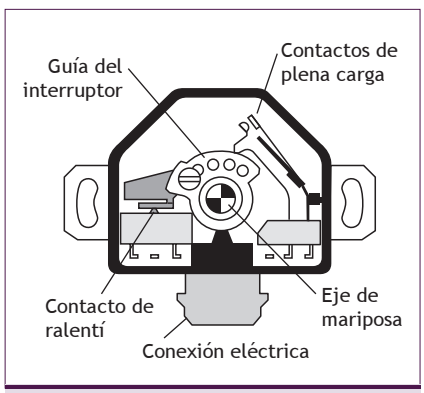
del motor. A partir de ellos elabora una **corriente de mando** para el actuador electrohidráulico de presión. Es decir, recoge las señales eléctricas que le mandan los sensores, compara estas señales con valores de tensión que tiene establecidos en sus circuitos-patrón y, según el resultado de esta comparación, emite como resultado una **corriente eléctrica** (figura 3.56). Esta corriente puede ser, además, muy elaborada por la conjunción de otras señales similares que se reciben de otros sensores, de modo que, al final, se manda una señal definitiva a los electroimanes del actuador electrohidráulico de presión para que este controle el flujo de combustible.

Para el mejor conocimiento de una UCE típica del KE-Jetronic es necesario ver primero cuáles son los sensores que le facilitan información:

- **Batería.** Entrada de corriente de alimentación procedente de la batería.
- **Interruptor de mariposa**. Es un interruptor situado en el colector de admisión y eje de la mariposa (figura 3.57), de tipo **todo o nada**, que informa a la UCE de las posiciones de ralentí, carga parcial o plena carga de la mariposa de gases. Es decir, envía dos señales eléctricas diferentes según la mariposa (figura 3.58) se halle en posición de **plena carga** (aumento de cantidad de gasolina) o de **ralentí** (corte de la inyección). El corte de combustible tiene lugar cuando se cumple que el contacto de mariposa está en ralentí y el régimen de motor es superior a 1 300 rpm; el combustible es nuevamente inyectado cuando alcanza las 1 100 rpm.

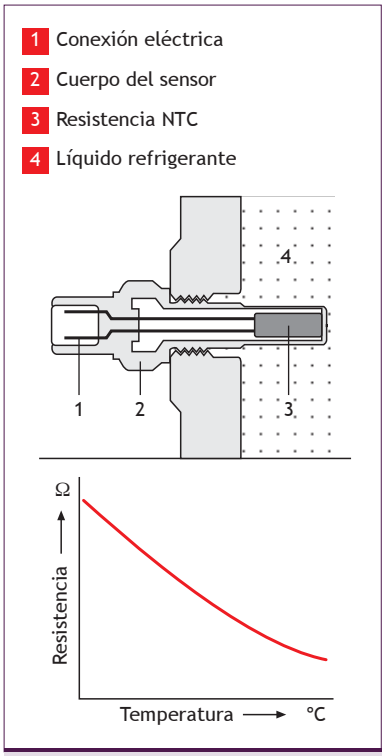


3.57. Interruptor de mariposa.



3.58. Esquema del interruptor de mariposa.

- **Distribuidor de encendido.** Desde aquí el sensor hall puede informar del número de revoluciones del motor.
- **Temperatura del motor**. Mide la temperatura del motor y envía la correspondiente señal eléctrica a la unidad de control (figura 3.59). Va enroscada al bloque o a veces en la culata, en contacto con el agua de refrigeración. Consta de un cuerpo (2) provisto de una rosca que, ayudada por una arandela, se acopla al orificio del motor. El interior del cuerpo es hueco y en él se introduce la termorresistencia (3), que es recorrida por una corriente eléctrica. Esta finalmente llegará a uno de los bornes de la unidad de control. Para ello dispone de un conector eléctrico (1) con dos bornes para la entrada y salida de corriente.
- **Conmutador de arranque.** Informa a la UCE de que el motor está en fase de arranque de motor.



3.59. Sonda térmica NTC y curva característica.

Técnica

Comprobación de sensores

•• A continuación se detallan las comprobaciones más importantes que se deben realizar sobre un interruptor de mariposa y un sensor de temperatura.

Interruptor de mariposa

- Se retira el enchufe del conector, verificando la continuidad de los cables hasta la unidad de control, así como la ausencia de óxidos y sulfataciones.
- Conectando un voltímetro entre el PIN de entrada a la UCE y una masa (masa de batería), se retira el conector del módulo de encendido para evitar la puesta en marcha del motor, y se da al motor de arranque. En este momento hay que observar que la tensión indicada por el voltímetro sea superior a 9 V. De lo contrario, revisar el cableado o el relé de mando.
- Para verificar el correcto funcionamiento de los **contactos del interruptor** se abrirá un poco la mariposa escuchando un clic, que indicará que se ha abierto el contacto de ralentí. Si seguimos girando la mariposa hasta su tope se deberá oír nuevamente un clic, que corresponderá con el contacto de plena carga.
- Ajustar el multímetro para su utilización como ohmnímetro y retirar la llave de contacto. Con el pedal del **acelerador en reposo**, el instrumento de medida deberá indicar continuidad eléctrica, debiendo ser la resistencia inferior a 1 ohmio. Con el pedal del acelerador ligeramente presionado, no deberá haber continuidad eléctrica, marcando el instrumento de medida un valor infinito (circuito abierto).
- Nuevamente conectado el ohmnímetro y con el **pedal del acelerador pisado a fondo**, el instrumento de medida deberá señalar continuidad eléctrica, debiendo ser la resistencia inferior a 1 Ω. Cerrando ligeramente la mariposa, el ohmetro debe marcar infinito (circuito abierto).

Sonda de temperatura NTC

La comprobación que se detalla a continuación se realiza con el sensor en el vehículo:

- En primer lugar se retirará la llave de contacto.
- Situar el selector del multímetro en la función de ohmnímetro.
- Al medir sobre los terminales del conector y en función del líquido refrigerante, el valor óhmico leído deberá estar comprendido entre (figura 3.60):
  - De 15 a 30 °C, entre 1 300 y 3 600 Ω.
  - Aproximadamente a 80 °C, entre 250 y 390 Ω.
- Si el valor leído está fuera de las especificaciones o indica infinito, verificar la resistencia interna de los cables que unen la sonda NTC con el módulo electrónico; si los cables están en perfectas condiciones, sustituir la sonda de la temperatura del líquido refrigerante.

3.60. Medida de resistencia de la NTC.

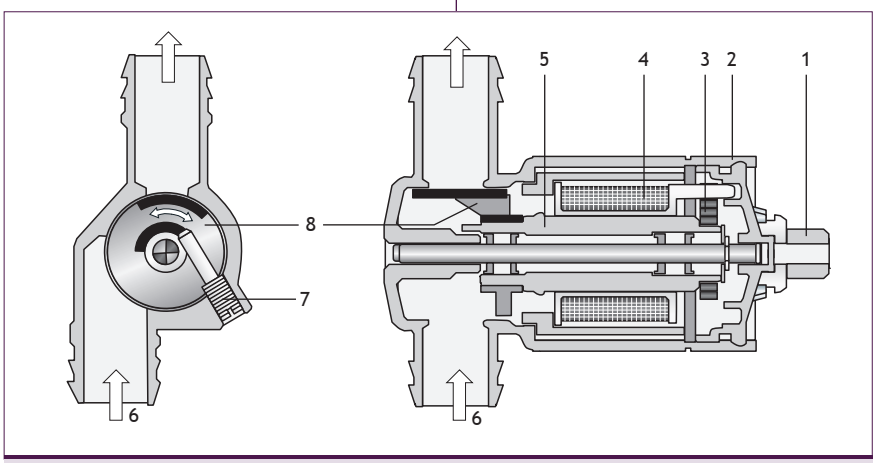
Una vez recogida la información de los sensores y tratada por la UCE esta va a configurar unas señales que serán recibidas por los diferentes **actuadores del sistema**, de los que podemos destacar el **actuador rotativo de ralentí** y el **actuador electrohidráulico de presión**.

Actuador rotativo de ralentí

Este es un elemento que sustituye a la válvula de aire adicional con el objetivo de cumplir la misma función que dicha válvula y, además, estabilizar el régimen de ralentí.

El actuador rotativo (figura 3.61) dosifica y suministra al motor, a través de un conducto by-pass con la mariposa, una cantidad de aire mayor o menor según sea la diferencia entre el régimen de ralentí instantáneo y el teórico. La UCE del sistema es la encargada de suministrar una señal de mando al actuador en función del **régimen y de la temperatura motor**.

3.61. Actuador rotativo.



3.62. Actuador rotativo de ralentí.

Está compuesto (figura 3.62) por un canal de aire en by-pass con la mariposa (6) por el que circula la corriente de aire adicional. Este conducto está controlado por una válvula corredera giratoria (8) que puede abrir más o menos el paso de este conducto según la posición que le imprima el inducido giratorio (5), cuya posición inicial viene controlada por un muelle espiral (3) que lo sujeta por su extremo superior. Además, el dispositivo cuenta con una bobina (4) que recibe corriente a través de la conexión eléctrica (1). Esta señal eléctrica determinará finalmente el ángulo de giro del inducido y, con ello, la abertura de la corredera giratoria. Es decir, según el estado de saturación eléctrica a la que se encuentre el bobinado se determina una variación angular del inducido. Y esta variación angular del inducido arrastra a la corredera giratoria (8), lo que se traduce en diferentes posiciones de abertura para el paso del aire a través del conducto de by-pass.

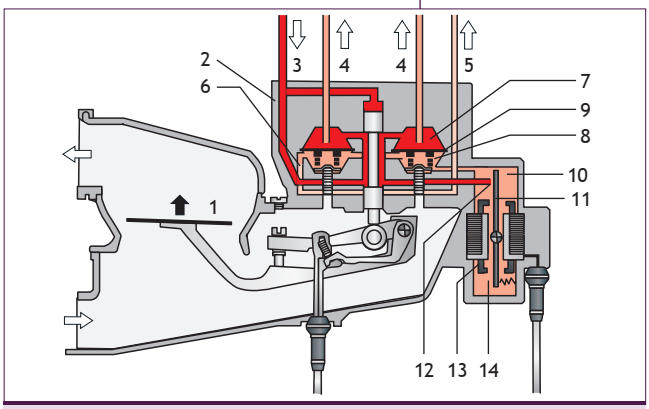
El ángulo de giro del inducido está limitado a 60° y en caso de desconexión o de avería en el vehículo la unidad ofrece una respuesta neutra, con una determinada sección de abertura, que permite el funcionamiento provisional del motor hasta el momento de la reparación del dispositivo.

1. Conexión eléctrica
2. Cuerpo
3. Muelle de reposición
4. Bobina
5. Inducido rotativo
6. Canal de aire en by-pass con la mariposa
7. Tope ajustable
8. Corredera giratoria

>> Actividades propuestas

1·· Escribe la diferencia principal entre válvula de aire adicional y actuador rotativo de ralentí.

1 Aleta sonda
2 Distribuidor-dosificador
3 Entrada de combustible (presión del sistema)
4 Combustible a las válvulas de presión
5 Tubería de retorno
6 Estrangulador fijo
7 Cámara superior
8 Cámara inferior
9 Membrana
10 Actuador de presión

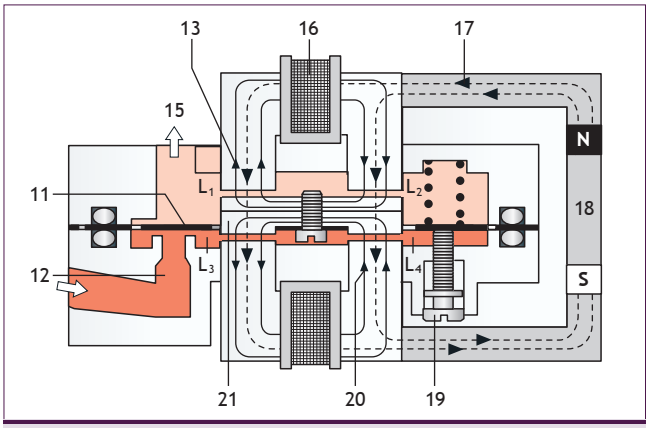


3.63. Actuador electrohidráulico de presión en el distribuidor-dosificador.

Actuador electrohidráulico de presión

Es un actuador del sistema que modifica la presión en las cámaras inferiores de las válvulas de presión diferencial en función del estado de funcionamiento del motor y de la señal de corriente elaborada por la unidad de control. Así se modifica el caudal de combustible dosificado a las válvulas de inyección.

El actuador electrohidráulico de presión (figura 3.63) va montado junto al distribuidor-dosificador de combustible, representando este un regulador de presión diferencial que trabaja según el sistema de placa de rebote (11) y cuya caída de presión se controla mediante una corriente eléctrica. Entre dos polos magnéticos dobles (13) va suspendida, en un cuerpo de material no magnético, una armadura con apoyo de fleje tensor sin rozamiento, consistente en una placa de membrana de material elástico.



3.64. Sección del actuador electrohidráulico de presión.

11 Placa de rebote
12 Entrada de combustible al actuador
13 Polo magnético
14 Entrehierro
15 Salida de combustible
16 Bobina magnética
17 Flujo magnético permanente
18 Imán permanente (desplazada 90° en el plano de la figura)
19 Tornillo de ajuste para momento básico
20 Flujo electromagnético
21 Inducido (L_2 hasta L_4 entrehierro)

En los polos magnéticos (13) y en los correspondientes entrehierros se superponen los flujos magnéticos (17) de un imán permanente (18) y de un electroimán (20) (figura 3.64). El imán permanente se encuentra en realidad desplazado 90° con respecto al plano de la figura. Los recorridos de los flujos magnéticos a través de los dos pares de polos son simétricos y de idéntica longitud. Los flujos magnéticos van desde los polos a la armadura, pasando por el entrehierro, y a continuación atraviesan la armadura. En dos entrehierros diagonalmente opuestos (L2, L3), se suman los flujos del imán permanente y del electroimán, mientras que en los otros dos entrehierros (L1, L4) estos flujos se restan. Sobre el inducido que mueve la placa de rebote (11) actúa en cada hierro una fuerza de atracción que es proporcional al cuadrado del flujo magnético.

Dado que el flujo del imán permanente es constante, mientras que el del electroimán es proporcional a la corriente eléctrica que circula por la bobina de este, el par resultante es proporcional a la corriente. El par básico sobre el inducido se ha elegido de forma que, en ausencia de corriente del actuador de presión, se origine una presión diferencial básica que corresponda preferentemente a $\lambda = 1$. De esta forma, en caso de interrumpirse la corriente, queda asegurado un servicio de marcha de emergencia sin funciones correctoras.

La presión del chorro de combustible que entra a través del canal 12, tiende a desplazar la placa de rebote (11) contrarrestando las fuerzas magnéticas y mecánicas de sentido opuesto. La presión diferencial entre las conexiones de entrada y de retorno, y un flujo de corriente determinado por un estrangulador fijo conectado en serie con el actuador de presión, es proporcional a la corriente eléctrica.

La caída de presión variable en el canal 12, en función de la corriente del actuador de presión, origina asimismo una presión variable en la cámara inferior. La presión en la cámara superior varía también en el mismo valor. Esto origina asimismo una diferencia variable entre las presiones del sistema y de la cámara superior, es decir, en las lumbreras de mando, proporcionando un medio para variar el caudal de combustible que va a las válvulas de inyección.

El actuador de presión reacciona con gran rapidez a las variaciones de corriente entre sus terminales de entrada, debido al bajo valor de las constantes electromagnéticas de tiempo y a la reducida masa que ha de poner en movimiento. Si se invierte el sentido de circulación de la corriente, entonces el inducido atrae la placa de rebote, haciendo que se separe del canal de entrada (12), con lo que la presión disminuye varias centésimas de bar en el actuador de presión. De este modo se pueden ejecutar funciones adicionales como, por ejemplo, el corte en deceleración y la limitación de combustible a las válvulas de inyección.

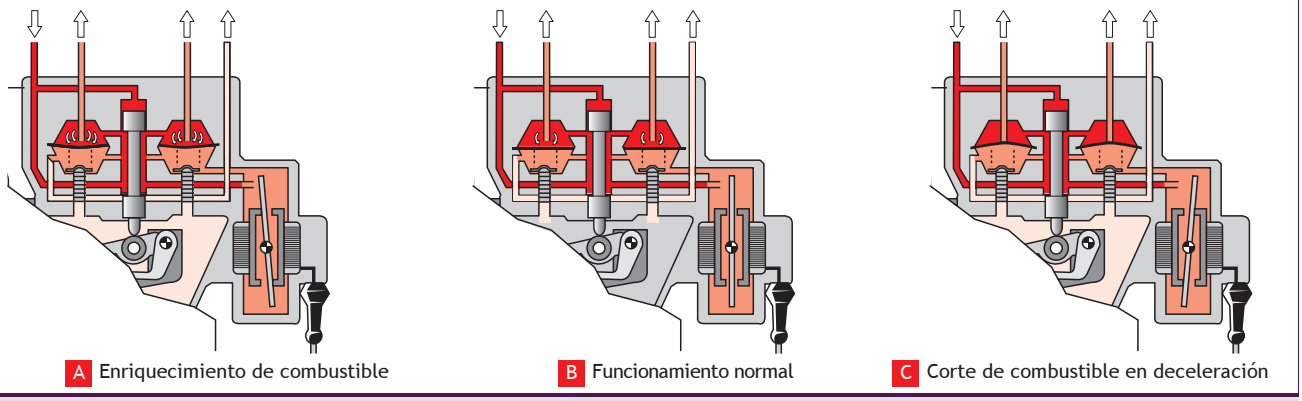
La salida desde la UCE al actuador electrohidráulico se produce en forma de corriente, cuyos valores típicos varían entre -40 y +120 mA que mueven la placa deflectora completamente hacia la tobera y, por tanto, se obtiene la menor presión en las cámaras inferiores. Los -40 mA mueven la placa deflectora lejos de la tobera para dar la máxima presión.

El **enriquecimiento de la mezcla** (figura 3.65.A) lo hace la UCE provocando una baja presión en la cámara inferior. Esto se produce moviendo la placa deflectora, hacia la tobera de entrada de combustible del actuador electrohidráulico. Cuando la presión de la cámara inferior baja la presión diferencial a través de las ranuras de dosificación aumenta y la membrana entre la cámara superior e inferior se deforma hacia abajo. Esto permite que pase más gasolina hacia los inyectores y se enriquezca la mezcla. Se necesita un enriquecimiento durante la fase de calentamiento, aceleración y plena carga.

Para un **funcionamiento normal** de mezcla (figura 3.65.B), la placa deflectora está en una posición central. Se usa en marcha suave y la UCE suele suministrar unos 10 mA. Si se produce un fallo del actuador electrohidráulico o de la UCE la placa deflectora se posiciona en la posición central. Esto significa que es posible conducir el vehículo aunque no vaya bien. Hasta que caliente, ya no habrá un enriquecimiento en la fase de calentamiento ni en las aceleraciones.

El **corte de combustible en deceleración** (figura 3.65.C) lo hace la UCE al provocar que la presión aumente en la cámara inferior. Esto se hace moviendo la placa deflectora, alejándola de la tobera. La presión en la cámara inferor aumenta hasta casi el valor de la presión del sistema, así que la presión diferencial es muy pequeña y no pasa gasolina hacia los

inyectores. También el muelle ayuda presionando la membrana hacia arriba. Para entrar en el modo de corte de combustible en deceleración, el motor debe estar caliente, el interruptor de mariposa debe estar en posición de ralentí y las revoluciones de motor deben estar por encima de un cierto valor que depende de la temperatura: cuanto más frío esté el motor, más revoluciones son necesarias para que se produzca el corte.



3.65. Diferentes posiciones de la placa rebote del actuador electrohidráulico de presión.

Técnica

Señales que llegan al actuador electrohidráulico de presión

•• En esta prueba se verifican las intensidades suministradas al actuador electrohidráulico de presión por la UCE. Para poder efectuar tales medidas es preciso disponer de un cable construido especialmente para ello y efectuar el conexionado correctamente.

a) Señal de calentamiento. Desconectar el sensor de temperatura de NTC (simulación de motor frío) y conectar el cable adaptador del multímetro a la instalación. Al accionar la llave de contacto el instrumento de medida indicará una intensidad comprendida entre 55 y 75 mA.

b) Señal de arranque. Retirar el conector de la sonda térmica NTC y puentear sus bornes mediante un cable para simular un estado de funcionamiento con motor caliente. Accionar brevemente el motor de arranque. El instrumento de medida deberá indicar una intensidad comprendida entre 130 y 150 mA.

c) Señal de aceleración. Desconectar la sonda de temperatura NTC para simular un estado de funcionamiento con el motor frío, abrir ligeramente la mariposa de gases y presionar el plato-sonda. También se puede arrancar el motor del vehículo y acelerar ligeramente. La lectura del instrumento de medida se elevará a 80 ó 120 mA y descenderá al cabo de unos 2 segundos al valor de la fase de calentamiento (55-75 mA).

d) Señal de plena carga. Retirar el enchufe de la sonda térmica NTC y puentear sus bornes mediante un cable. Al accionar la llave de contacto y presionar a fondo el pedal del acelerador la lectura del instrumento de medida deberá ser de 4 a 9 mA.
Nota: Durante la realización de estas pruebas, si la lectura es correcta, sustituir el regulador electrohidráulico de presión. Si la lectura obtenida no es correcta, funcionando perfectamente los sensores periféricos, sustituir la unidad de control electrónica.

e) Señal de corte. Mantener el conector de la NTC y arrancar el motor hasta alcanzar su temperatura de funcionamiento. La intensidad suministrada al actuador será de 0 ±1 mA. Aumentar la velocidad hasta aproximadamente 2 400 rpm y soltar el acelerador. Mientras desciende la velocidad, el instrumento de medida señalará una intensidad próxima a los -40 mA.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cómo se puede clasificar una inyección intermitente de un sistema multipunto?

2·· ¿Qué funciones principales tiene el acumulador de combustible en un sistema de inyección mecánico?

3·· ¿Qué diferencia existe entre una inyección semisecuencial y otra secuencial?

4·· ¿Qué es un sistema de inyección combinado?

5·· ¿En qué cinco partes fundamentales se puede dividir un sistema de inyección K-Jetronic?

6·· ¿Qué se consigue con una carrera corta y larga del plato-sonda?

7·· ¿Cómo funciona el regulador de presión en un sistema K-Jetronic?

8·· ¿Qué misión tienen las lumbreras de émbolo de control?

9·· ¿Qué efectos produce el aire envolvente en las válvulas de inyección?

10·· ¿Cómo actúa el regulador de la fase de calentamiento con dispositivo de enriquecimiento para plena carga?

11·· ¿Por qué el sistema KE-Jetronic es un sistema mixto?

12·· ¿Qué diferencias existen entre una válvula de aire adicional y un actuador rotativo de ralentí?

13·· ¿Cuál es el principio de funcionamiento de un actudador electrohidráulico de presión?

14·· ¿Qué componente es responsable de que la presión de mando sea inferior a la presión del sistema con el motor en frío en un sistema K-Jetronic?

15·· ¿Cómo influye la presión de control en la dosificación de combustible?

16·· ¿Cómo se produce el enriquecimiento de la mezcla durante el arranque en frío en los sistemas K-Jetronic y KE-Jetronic?

.: APLICACIÓN :.

1·· ¿Cómo se comprueba el inyector de arranque en frío y la válvula de aire adicional en un sistema de inyección mecánica?

2·· ¿Cuál es el procedimiento para comprobar el nivel de suministro de una electrobomba?

3·· ¿Cómo se comprueban los inyectores mecánicos?

4·· ¿Cómo se comprueba el inyector de arranque en frío e interruptor térmico temporizado?

5·· Realiza una tabla en donde se reflejen los valores de una sonda de temperatura NTC desde motor frío (30 ºC) hasta temperatura de régimen (90 ºC).

6·· Comprueba y anota todos los valores de resistencia de los componentes de un sistema K-Jetronic.

>> Caso final

Sistema de alimentación de un sistema de inyección electromecánico

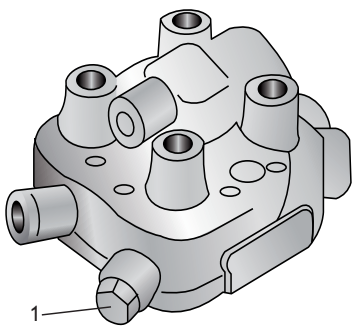
•• Un vehículo con sistema de inyección KE-Jetronic llega al taller con problemas de arranque y de mantenimiento del ralentí.

¿Los problemas mencionados pueden ser debidos al sistema de alimentación?

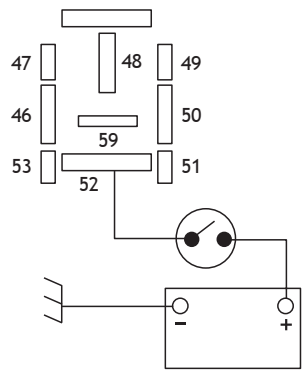
Solución •• Efectivamente, hay que pensar en primer lugar en el sistema de alimentación. Se van a seguir las siguientes comprobaciones para solucionar el problema:

Presión de suministro de la bomba de combustible

- Acciona la llave de contacto para arrancar y observar si la bomba eléctrica de combustible funciona.
- Retira el tapón de obturación (1) de la conexión de prueba del distribuidor-dosificador (figura 3.66).
- Desenrosca la tubería de retorno de combustible del regulador de presión, acoplando un tubo al racor de salida del mismo. Introduce en el otro extremo un recipiente graduado de aproximadamente 2 litros de capacidad.
- Extrae el relé taquimétrico de su alojamiento.
- Pon en funcionamiento la bomba durante un minuto, haciendo un puente entre los bornes 52 y el borne positivo de la batería con un cable con interruptor (figura 3.67).
- Compara el caudal obtenido con el especificado por el fabricante. Si el combustible suministrado es menor al indicado comprueba:
  - Con la bomba en funcionamiento, la tensión de alimentación deberá coincidir con la batería. En caso contrario, verificar que no existan falsos contactos en las conexiones de los cables de alimentación de la misma.
  - El estado del filtro de combustible y si se ha sustituido en los periodos establecidos.
  - Que no existe una fuga de combustible en ningún punto del circuito.
  - Si los apartados anteriores son correctos, sustituir la bomba.



3.66. Tapón de obturación del distribuidor-dosificador.



3.67. Esquema del relé taquimétrico.

Presión del sistema principal

- Descarga la instalación de la presión de mantenimiento, asegurada por el acumulador, y afloja con las debidas precauciones la conexión de la válvula de arranque en frío del regulador de mezcla.
- Desenrosca el tornillo-obturador del orificio de medición de la presión de la cámara inferior, situado en la parte baja del distribuidor-dosificador (1), y coloca el manómetro (figura 3.68) sobre la cabeza del pistón de mando (2), manteniendo la válvula 3 totalmente abierta.

- Quita el relé taquimétrico y haz un puente entre sus bornes para que la bomba funcione continuamente.
- Toma la lectura y compárala con la especificada, que en este caso es de 5 a 6,5 kg/cm^2.

a) Si la presión es muy baja, comprueba en primer lugar el caudal de suministro de la bomba de combustible. Si es correcta, desenrosca el racor de salida de combustible de la bomba, haciendo un puente en el relé taquimétrico hasta que el manómetro se estabilice. El valor indicado deberá ser mayor que el especificado por el fabricante en la presión del sistema principal. Si es menor, sustituir la bomba. Si es correcto, antes de sustituir el regulador de la presión de combustible comprueba que no está rota la membrana del acumulador de gasolina.

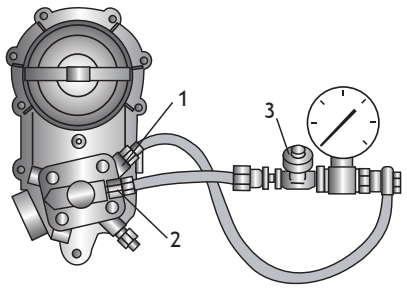
b) Si la presión primaria es muy alta, comprobar que el conducto de retorno de combustible al depósito no está obstruido; si no lo está, sustituir el regulador de presión.

Presión en las cámaras inferiores

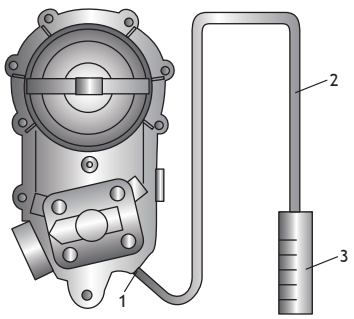
- Manteniendo la presión de la figura anterior. Desconecta el enchufe múltiple de alimentación eléctrica del actuador electrohidráulico de presión situado en el conjunto regulador de mezcla.
- Cierra la válvula del manómetro (3) para poder comprobar de esta forma la presión de la cámara inferior. Con la llave de contacto accionada, haz funcionar continuamente la bomba cortocircuitando los bornes correspondientes.
- La presión indicada deberá ser de 0,3 - 0,5 kg/cm^2 inferior a la presión del sistema.
- Si la lectura obtenida no es correcta es posible que tal anormalidad sea debida a una obstrucción en el distribuidor-dosificador. Actúa de la siguiente forma:

a) Desenrosca, del distribuidor dosificador, la tubería delgada de rebose (1) de conexión al regulador de presión (figura 3.69). Conecta un tubo flexible (2) al racor, introduciendo el extremo libre del mismo en un recipiente graduado (3). Acciona la electrobomba de combustible durante un minuto exacto y compara el caudal de rebose obtenido con el indicado por el fabricante. Si no está dentro de los valores prefijados sustituir el distribuidor-dosificador. Si el valor obtenido es correcto, sustituye el actuador electrohidráulico de presión.

b) Si no dispones de valor del caudal de rebose del orificio de retorno, es posible determinar si existe alguna obstrucción en las canalizaciones del distribuidor-dosificador mediante aire a presión. Desconecta el actuador electrohidráulico y la tubería de rebose, conectada en el otro extremo al regulador de presión, del distribuidor dosificador. Verifica, aplicando un chorro de aire en el orificio de rebose, que los conductos de las válvulas de presión diferenciada hasta el orificio de entrada del actuador electrohidráulico no están total o parcialmente obstruidos. Si los conductos no están obstruidos, sustituye el actuador electrohidráulico de presión.

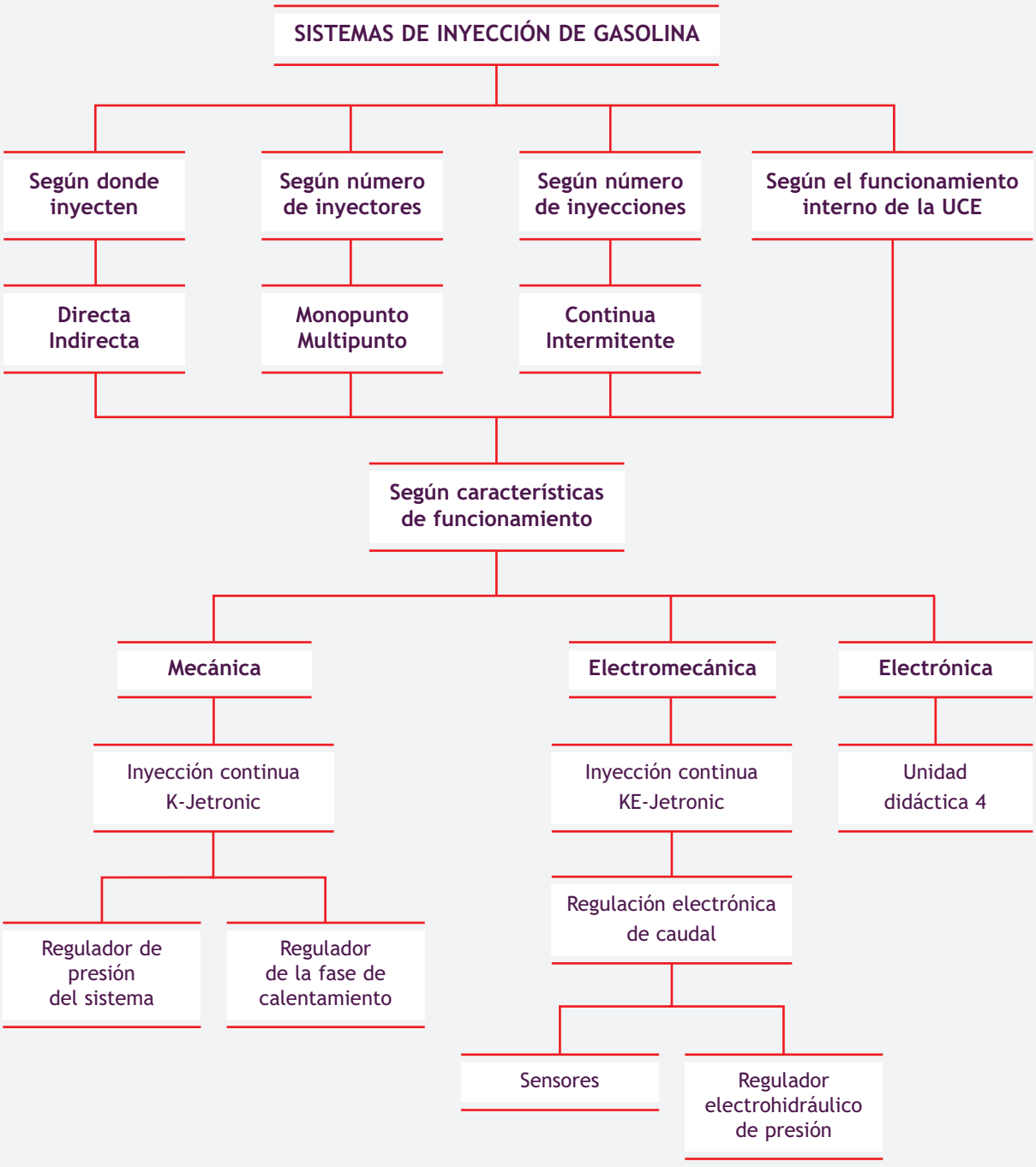


3.68. Montaje del conjunto del manómetro.



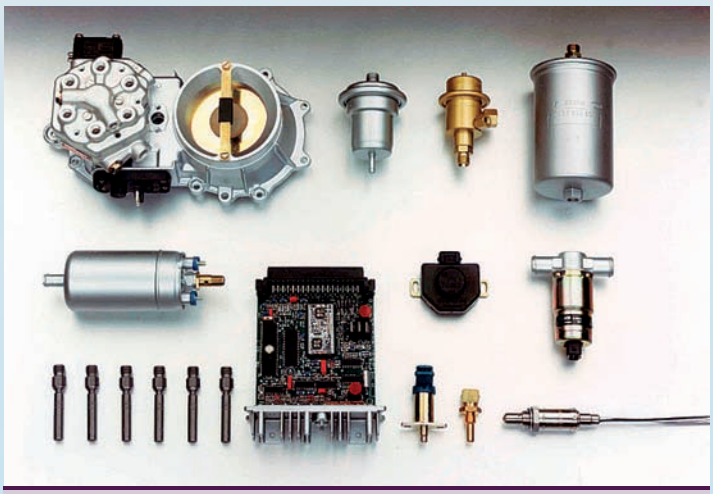
3.69. Medida del caudal de rebose.

Ideas clave


SISTEMAS DE INYECCIÓN DE GASOLINA
Según donde inyecten
Según número de inyectores
Según número de inyecciones
Según el funcionamiento interno de la UCE
Directa
Indirecta
Monopunto
Multipunto
Continua
Intermitente
Según características de funcionamiento
Mecánica
Electromecánica
Electrónica
Inyección continua K-Jetronic
Inyección continua KE-Jetronic
Unidad didáctica 4
Regulador de presión del sistema
Regulador de la fase de calentamiento
Regulación electrónica de caudal
Sensores
Regulador electrohidráulico de presión

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

Los sistemas de inyección surgieron con la inyección mecánica. Después de esta aparecieron los llamados sistemas electromecánicos, que basaban su funcionamiento en una inyección mecánica asistida electrónicamente. Por último, aparecieron los sistemas 100% electrónicos.



Fuente Bosch.

La inyección electrónica se basa en la preparación de la mezcla por medio de la inyección regulando las dosis de combustible electrónicamente.

Presenta grandes ventajas frente al carburador, su predecesor. El carburador, al basar su funcionamiento en un sistema exclusivamente mecánico y al no brindar una mezcla exacta a la necesitada en diferentes marchas, presenta irregularidades en estas, principalmente en las bajas. Esto determina un consumo excesivo de combustible, además de una mayor contaminación.

Otra desventaja del carburador es que proporciona mezclas desiguales para cada cilindro, obligando a generar una mezcla que alimente al cilindro que más lo necesita con una cantidad mayor de combustible. Este problema se ve solucionado en la inyección electrónica si se presenta un inyector en cada cilindro para proporcionar la cantidad exacta de combustible que el cilindro requiere, lo que se evidencia también en una mejor utilización del combustible y un mejor consumo.

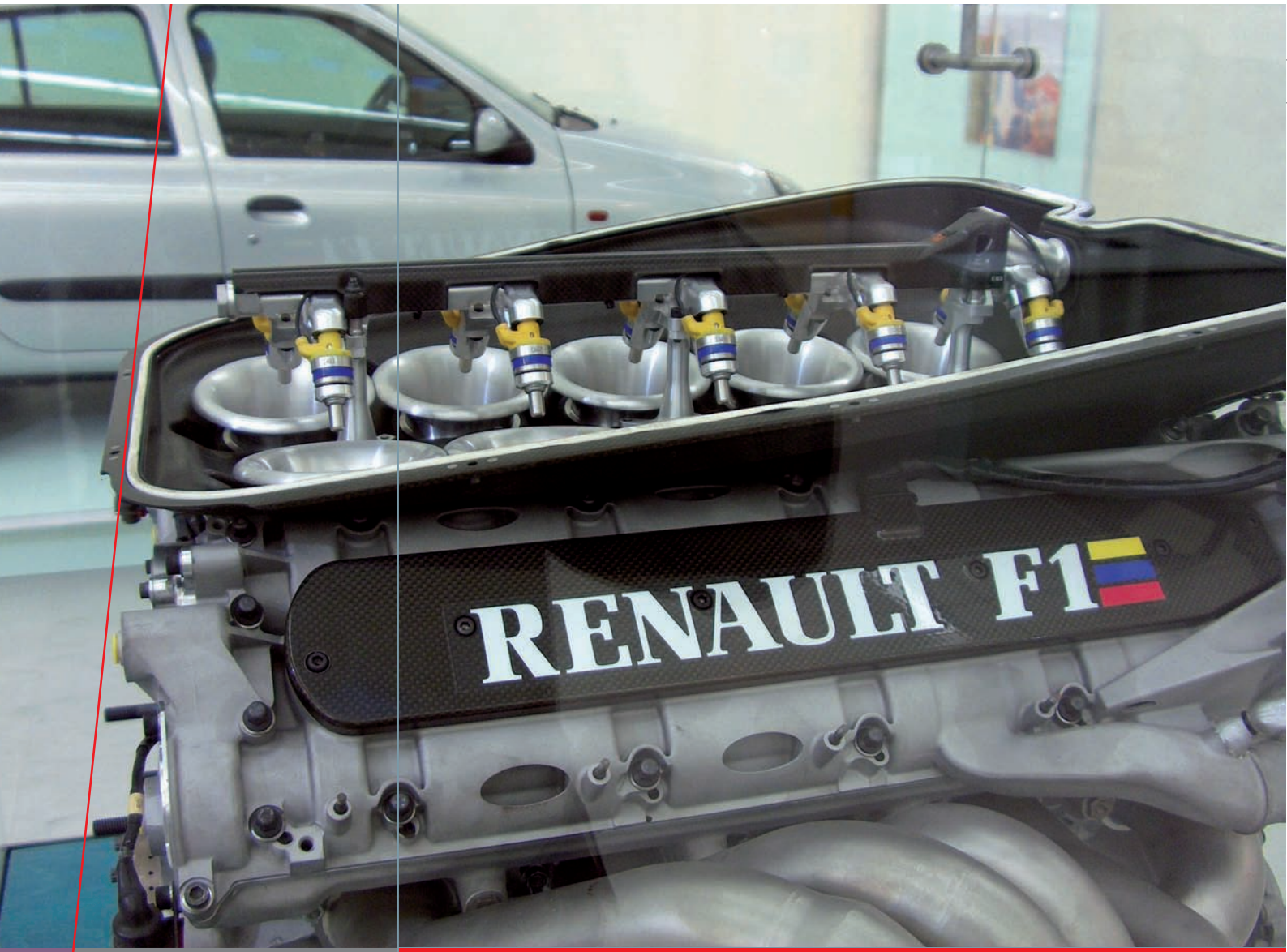
La dosificación mejor controlada de la inyección electrónica –que tiene en cuenta la temperatura y régimen del motor- permite además un arranque en frío más corto y una marcha eficiente en la fase de calentamiento.

Todas estas ventajas de la inyección electrónica posibilitan, a su vez, la reducción de la contaminación del medio ambiente. La inyección electrónica facilita la entrada del combustible exacto que se necesita en el momento exacto en que es requerido. Esta proporción de combustible y aire ajustada en todo momento durante cualquier marcha del motor hace posible la reducción de gases contaminantes. Todo esto se traduce en un aumento de potencia con un mejor rendimiento térmico.

Además, estos sistemas nos dejan la posibilidad de optimizar el diseño de los conductores de admisión, el cual se realiza buscando el aprovechamiento de corrientes aerodinámicas, permitiendo así llenar de una forma más eficiente los cilindros para lograr una mayor potencia.

En resumen, las principales ventajas de los sistemas de inyección electrónica son: reducción de gases contaminantes, más potencia con un menor consumo y una mejora de la marcha del motor en cualquier régimen de este.

Fuente: www.articulo.org
04/04/2007



unidad 4

Sistemas de inyección de gasolina II: electrónicos

SUMARIO

- Inyección indirecta: inyección electrónica
- Inyección monopunto: alimentación, admisión y circuito eléctrico
- Inyección directa

OBJETIVOS

- Conocer los componentes y funcionamiento de una inyección electrónica, de la inyección directa de gasolina e inyección monopunto.
- Diferenciar entre una inyección electrónica no combinada y combinada.
- Saber realizar las pruebas sobre los sensores y actuadores de los sistemas de inyección electrónicos.
- Reconocer los tipos de inyección sobre diferentes vehículos.

1 >> Inyección indirecta de gasolina

Los sistemas de inyección por mando electrónico L-Jetronic, Motronic, etc. surgieron a partir de los sistemas por mando mecánico y mixto, como son los sistemas K-Jetronic y KE-Jetronic, respectivamente.

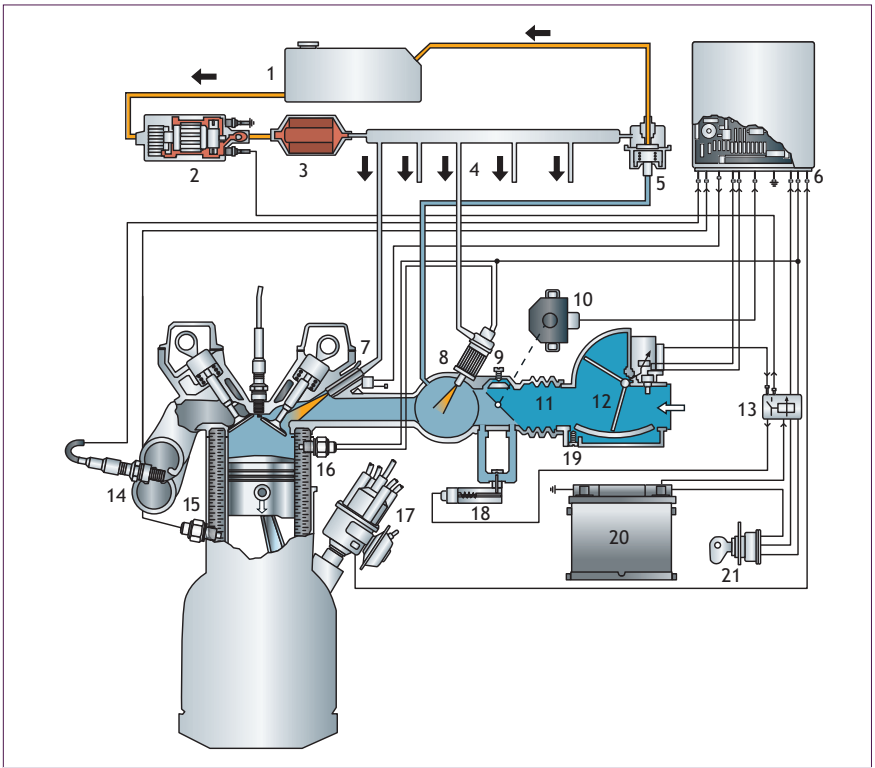
El objetivo de estos sistemas es mejorar la dosificación del combustible mediante la medición del aire de entrada a los cilindros.

1.1 > Sistemas de inyección electrónicos no combinados

En estos tipos de sistemas podemos destacar el **L-Jetronic** de la casa **BOSCH** (figura 4.1).

Sus características principales son:

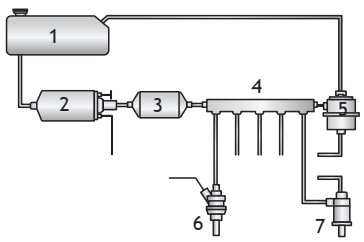
- Los sistemas de encendido y de inyección no se gestionan de forma conjunta.
- El mando es completamente electrónico. La UCE recibe constantemente información de los sensores, que proporcionan unos parámetros que memoriza y, de acuerdo con un programa incorporado previamente, toma las decisiones instantáneas asegurando la inyección de los inyectores, que funcionan de forma simultánea y pulverizan el carburante antes de la válvula de admisión.
- Es un equipo multipunto, con inyección intermitente en el colector de admisión.
- La cantidad de aire que penetra en el colector de admisión se controla por medio de un caudalímetro de tipo trampilla. En la versión LH-Jetronic el caudalímetro de trampilla se sustituye por uno de hilo caliente.



4.1. Esquema del sistema L-Jetronic.

1 Depósito de combustible
2 Electrobomba de combustible
3 Filtro de combustible
4 Tubo distribuidor
5 Regulador de presión
6 Unidad de control
7 Válvula de inyección
8 Válvula de arranque en frío
9 Tornillo de ajuste del ralentí
10 Interruptor de mariposa
11 Mariposa
12 Medidor de caudal de aire
13 Conjunto de relés
14 Sonda lambda (solo para determinados países)
15 Sonda térmica del motor
16 Termointerruptor temporizado
17 Distribuidor de encendido
18 Válvula de aire adicional
19 Tornillo de ajuste de la mezcla en ralentí
20 Batería
21 Conmutador de encendido y arranque

1 Depósito de combustible
2 Bomba de combustible
3 Filtro de combustible
4 Tubo distribuidor
5 Regulador de presión
6 Válvula de inyección
7 Válvula de arranque en frío



4.2. Circuito de alimentación de combustible.

El sistema L-Jetronic se compone principalmente de tres bloques funcionales:

- Sistema de alimentación de combustible.
- Sistema de aspiración.
- Sistema de control.

Sistema de alimentación de combustible

El sistema de alimentación se encarga de impulsar el combustible desde el depósito a las válvulas de inyección a una presión suficiente como para que se pueda generar la inyección y mantenerla constante.

Este circuito de alimentación está formado por (figura 4.2):

- Electrobomba.
- Filtro de combustible.
- Tubo distribuidor.
- Regulador de presión.
- Válvulas de inyección.
- Válvula de arranque en frío.

La electrobomba (2), accionada eléctricamente, impulsa el combustible desde el depósito (1) con una presión de aproximadamente 3,5 bar a través del filtro (3) a un tubo distribuidor (4) del que parten tuberías hacia los inyectores (6), incluido el de arranque en frío (7). Al final del tubo distribuidor se encuentra un regulador de presión (5) que se encarga de mantener constante la presión de inyección.

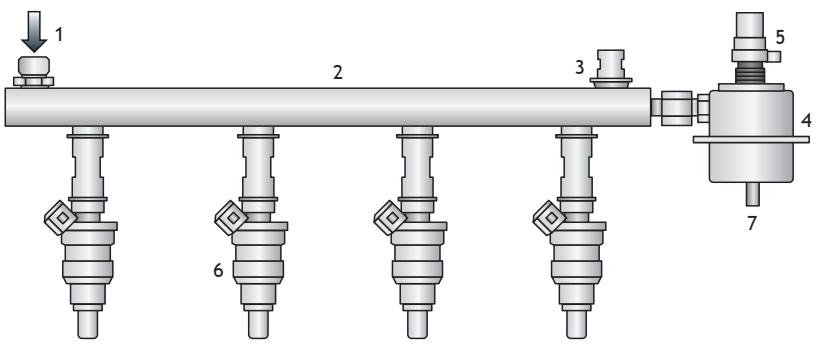
Como el sistema de alimentación suministra más combustible del que el motor puede consumir bajo condiciones extremas, el regulador de presión devuelve el combustible sobrante sin presión al depósito de combustible.

Tubo distribuidor o rampa de inyección

El tubo distribuidor (figura 4.3) es el componente del sistema de alimentación que garantiza la presión constante del combustible en todos los inyectores y acumula el combustible en volumen suficiente.

El volumen del tubo distribuidor es bastante mayor que la cantidad de combustible que puede necesitar el motor en cada ciclo.

1 Entrada de combustible
2 Rampa de inyección
3 Válvula
4 Regulador de presión
5 Retorno al depósito
6 Inyector
7 Conexión al colector de admisión



4.3. Ubicación de inyectores y regulador de presión sobre la rampa de inyección.

Regulador de presión

El regulador de presión regula la presión en el sistema de alimentación de combustible a 2,5 ó 3 bar dependiendo de las características de la instalación. Está conectado a la parte final del tubo distribuidor de combustible.

El regulador de presión (figura 4.4) está compuesto por una carcasa metálica (3) con una membrana (4) que divide el regulador en dos cámaras:

- Una de las cámaras está en comunicación con el colector de admisión (6), que contiene un muelle helicoidal pretensado (5) que somete a carga a la membrana.
- En la otra cámara, en conexión con el depósito de combustible (2), se encuentra el combustible.

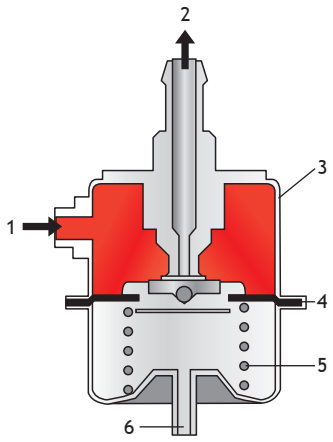
El regulador está en contacto con el colector de admisión mediante una tubería detrás de la mariposa de gases (figura 4.5), que hace que la presión en el sistema de alimentación dependa de la presión absoluta en el colector de admisión y que, por tanto, la caída de presión en los inyectores sea la misma en cada posición de la mariposa.

Cuando la presión del combustible que actúa sobre la membrana es suficiente para vencer la presión del muelle, la membrana se deforma, comprimiendo el muelle y dejando que se escape el exceso de combustible a través del conducto de salida, el cual queda ahora al descubierto, produciendo una disminución de la presión del combustible.

La reducción de la presión del combustible permite que la membrana vuelva a su posición original, cerrando por tanto la salida del retorno del combustible. Esta secuencia se repite mientras la bomba se encuentre en funcionamiento.

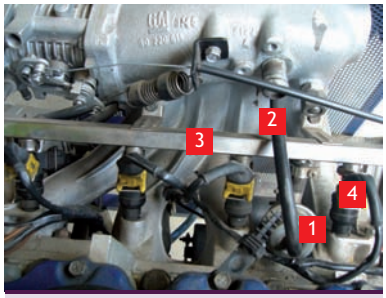
Este movimiento continuo de la membrana, de apertura y cierre rápidos de la válvula de retorno de combustible, mantiene la presión en el conducto de combustible de 2,5 bar aproximadamente.

1 Entrada de combustible de la rampa
2 Salida de combustible al depósito
3 Carcasa
4 Membrana
5 Muelle helicoidal
6 Toma de vacío del colector de admisión



4.4. Regulador de presión.

1 Regulador de presión
2 Toma de vacío del colector de admisión
3 Rampa de inyección
4 Inyectores



4.5. Montaje del regulador de presión en el circuito de alimentación.

Inyectores

Los inyectores o válvulas de inyección (figura 4.6) son elementos fundamentales en los equipos electrónicos de inyección de gasolina.

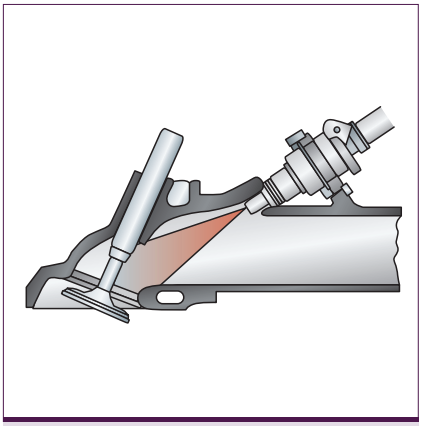
Los inyectores inyectan el combustible en los tubos de admisión de los cilindros delante de las válvulas de admisión del motor.

Los inyectores se encuentran emplazados con precisión para que el **ángulo de inyección** sea exacto con respecto a la válvula de admisión para evitar pérdidas por efecto de las condensaciones (figura 4.7). Deben estar protegidos del calor por medio de un buen aislamiento térmico.

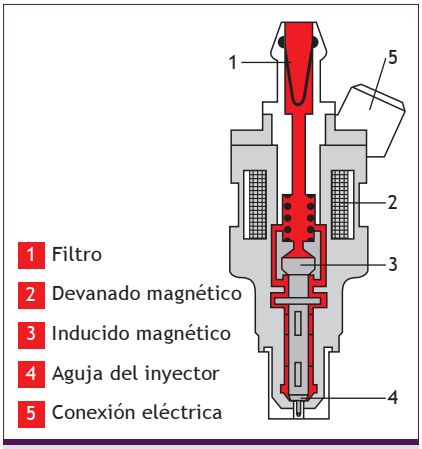
Los inyectores están en contacto directo con el tubo distribuidor, que forma parte de todo el circuito de combustible. Así pues, se encuentran bajo el estado de presión del combustible que existe en este circuito según el funcionamiento de la electrobomba y el estado de regulación al que lo somete el regulador de presión. De este modo, también se consigue que el inyector de arranque en frío se halle en iguales condiciones que el resto de los inyectores.

4.6. Inyector.

El inyector (figura 4.8) está constituido por una aguja (4) que por la acción de un muelle se ajusta sobre su asiento impidiendo la salida del combustible, que se encuentra a una presión de entre 2,5 y 3 bar. Después de pasar por el filtro (1) el combustible penetra por la boca de entrada llenando toda la cámara del inyector.



4.7. Ubicación del inyector en el colector de admisión.



4.8. Partes de un inyector.

A su vez consta de un bobinado eléctrico (2) que, a través de su conector (5), está en contacto directo con la UCE y de la que recibe los impulsos eléctricos que determinarán el tiempo de abertura, con tiempos de excitación y reposo que duran entre 1 y 1,5 ms. La aguja dispone de un núcleo inducido (3) solidario de la misma, que se retira cuando la corriente de la UCE pasa por el bobinado en virtud del magnetismo creado. Este es el momento en el que el inyector se abre. El levantamiento de la aguja es aproximadamente de 0,1 mm y el combustible sale por el orifico anular que queda libre en virtud de la alta presión que se encuentra en el circuito hidráulico. En el extremo delantero de la aguja del inyector va una espiga pulverizadora.

Cuando cesa la corriente procedente de la UCE es el muelle el encargado de devolver a la aguja a su posición de cierre y reposo.

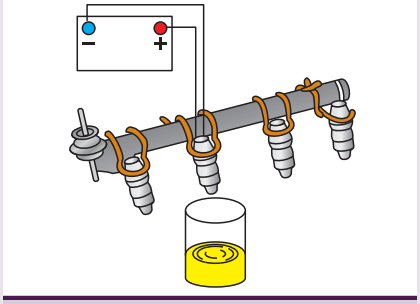
Limpieza ultrasónica de los inyectores

El método más satisfactorio de recuperar la eficacia de los inyectores con incrustaciones es limpiarlos ultrasónicamente. Hay máquinas que son capaces de limpiar el interior de un conjunto de inyectores en unos minutos y realizar una prueba de pulverización simultánea del conjunto completo para fines de comparación.

Técnica

Comprobación de los inyectores

- Desmontar los inyectores del colector de admisión en su totalidad con la rampa de combustible.
- Colocar las boquillas de los inyectores en recipientes adecuados.
- Comprobar que el tubo de alimentación, el tubo de retorno y el regulador de presión están conectados.
- Asegurarse de que los conectores de los inyectores estén desconectados.
- Fijar los inyectores en la rampa de combustible con cable de fijación o una mordaza adecuada.



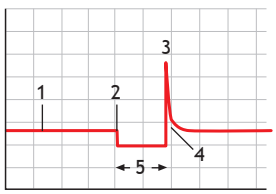
4.9. Alimentación de los inyectores.

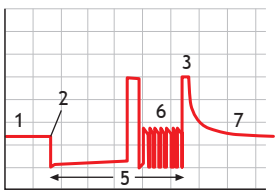
- Accionar la bomba de combustible quitando el relé de la bomba de combustible y puenteando los terminales de alimentación.
- Si los inyectores tienen una resistencia de entre 1 y 3 Ω debe conectarse un resistor de 5 a 8 Ω en serie con la alimentación, pero si la resistencia de los inyectores es de 15 a 18 Ω puede conectarse una alimentación de 12 V.
- Conectar una alimentación de 12 V a cada inyector sucesivamente (figura 4.9). Las **velocidades de alimentación** típicas están entre 0,20 y 0,25 l/min, pero pueden llegar hasta 0,45 l/min para inyectores montados en motores de gran capacidad y potencia. Si la velocidad de alimentación es baja, realizar las comprobaciones de presión de combustible. Observar con cuidado si hay alguna diferencia significativa entre las velocidades de alimentación (figura 4.10).
- Comparar el **modelo de pulverización** de cada uno de los inyectores. Si uno es significativamente distinto del resto, es síntoma de que hay una avería. El modelo de pulverización tendrá en muchos casos forma cónica, pero puede ser de tipo de surtidor estrecho o de tipo de surtidor dividido, según la aplicación.
- Comprobar los **impulsos de inyección.** Desconectar el encendido y los inyectores. Conectar la lámpara comprobadora de impulsos a la clavija hembra de un inyector que se encuentre desconectado. Arrancar el motor y comprobar que la lámpara destellea. Si la lámpara no destellea, comprobar la alimentación de la UCE y los inyectores. Si la alimentación es correcta, comprobar el cableado que va desde la UCE hacia los inyectores; si el cableado es correcto, sospechar de la UCE.
- Comprobar la **resistencia de un inyector.** Quitar el contacto del motor y desconectar el conector del inyector. La resistencia del inyector obtenida según la figura 4.11 se comprobará con la especificada por el fabricante (aproximadamente entre 15 y 18 Ω, aunque para inyectores con bobinas de baja resistencia la medida es aproximadamente de 2 a 5 Ω).
- Verificar la señal de **voltaje en el inyector.** Mediante la utilización de un osciloscopio se obtendrá esta señal, que habrá que compararla con la especificada por el fabricante (figuras 4.12 y 4.13).

4.10. Equipo de comprobación de la velocidad de alimentación y limpieza de inyectores.

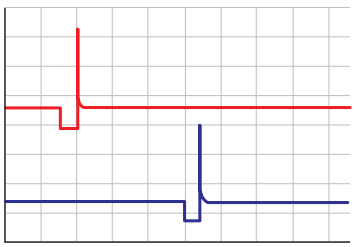
4.11. Comprobación de la resistencia del inyector.

1. Tensión de batería
2. Inyector excitado
3. Tensión pico producida por la evanescencia de la bobina
4. Inyector no excitado. Cese de la inyección
5. Tiempo de inyección
6. Impulsos de activación y desactivación
7. Retorno a la tensión de batería





4.12. Señales de mando de un inyector convencional y de un inyector modulado en anchura de impulsos.



4.13. Señal de los inyectores en un sistema de inyección secuencial.

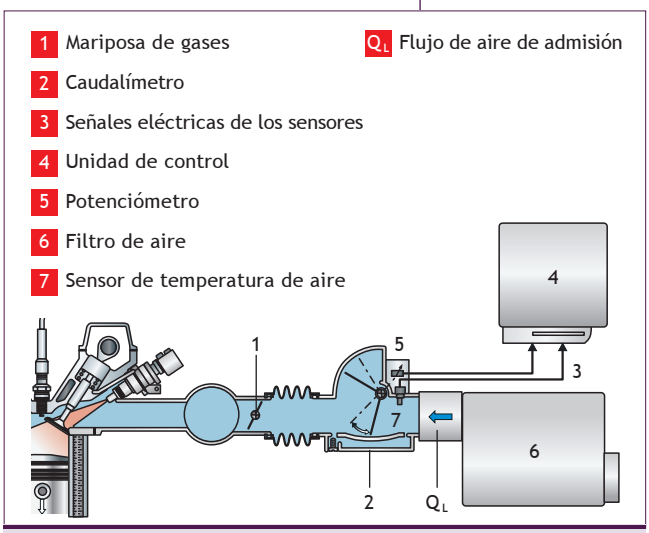
Inyección secuencial

En los sistemas de inyección secuencial cada uno de los impulsos corresponde a la apertura de un inyector distinto. Los tiempos de inyección deben ser iguales (figura 4.13).

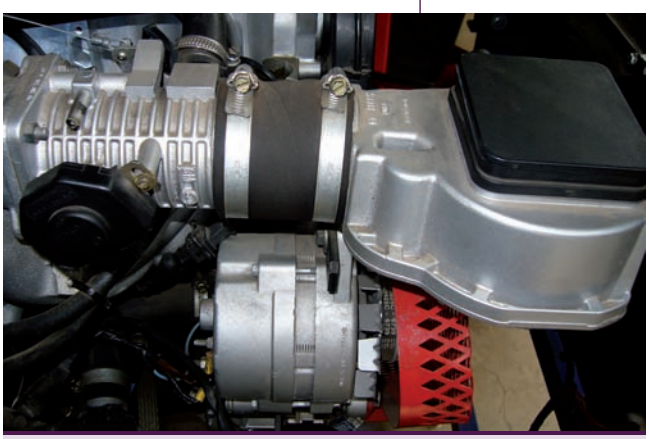
Sistema de aspiración

El caudal de aire aspirado por el motor es la magnitud de mando principal para calcular la dosificación exacta de inyección de combustible. Es decir, el caudal de aire aspirado por el motor se usa para determinar la carga del motor con preferencia a la posición del acelerador.

Este dato es tomado por el **caudalímetro**, que traduce en valores eléctricos cualquiera de las posiciones a las que el paso del aire somete a una compuerta. Se encuentra situado entre el filtro procedente de la toma de aire de la atmósfera y el conducto de goma en forma de fuelle que traslada el aire al colector de admisión (figuras 4.14 y 4.15).



4.14. Ubicación del caudalímetro de aire en el sistema L-Jetronic.

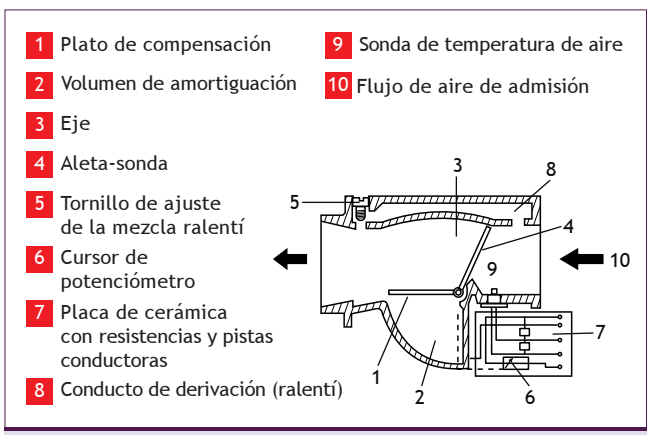


4.15. Situación del caudalímetro en el colector de admisión.

El caudalímetro (figura 4.16) consta de una **aleta-sonda** (4) que pivota sobre un eje central (3) y dispone de una chapaleta de compensación (1) que se mueve en una cámara de compensación (2) para amortiguar las pulsaciones inducidas por el movimiento del aire en el interior del colector de admisión. Cualquier fuerza que aprecie la aleta de medida se apreciará también por la aleta de compensación.

La entrada del aire procedente del filtro se produce a través de la boca (10) y, según la cantidad del mismo, desplaza más o menos la aleta-sonda de una manera proporcional a la cantidad de aire aspirado.

La aleta-sonda es, además, solidaria de un cursor (6) que se desplaza por un **potenciómetro** (7) con una rampa de resistencias, proporcionando voltajes variables dependiendo de la posición de la aleta-sonda.



4.16. Esquema interno de un caudalímetro.

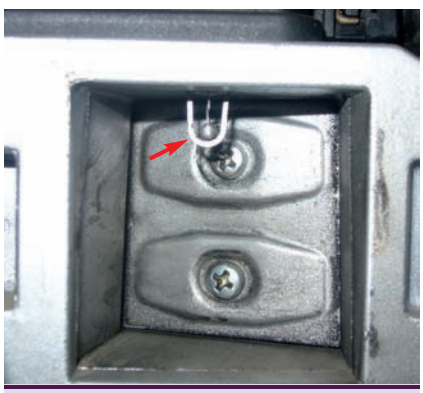
Para conseguir la regulación del aire de ralentí dispone de un conducto by-pass para el aire (8), que deja en cortocircuito a la aleta-sonda y puede ser regulado por medio de un tornillo de estrangulamiento (5) para acudir a su correcto reglaje. Con este tornillo también se regula el contenido de CO cuando el motor está a ralentí. El conjunto de aleta-sonda y potenciómetro se encuentra dentro de una caja estanca.

Además el componente cuenta con un **sensor de temperatura del aire NTC** (9) montado a la entrada del caudalímetro (figura 4.17), que informa a la UCE sobre la temperatura del aire. Esta calcula la densidad del aire aspirado y el valor de la tensión (figura 4.18). En la UCE se elaboran las señales para conseguir una corriente final de apertura del inyector que determinará la perfecta dosificación en cada momento.

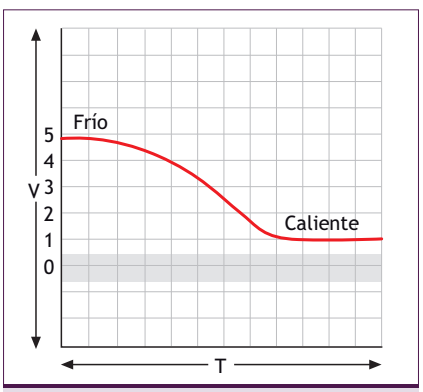
Este medidor puede presentar averías por desgaste. El cursor que se mueve continuamente en la pista potenciométrica desgasta la superficie hasta provocar pequeñas interrupciones del contacto. El fenómeno se acentúa en las zonas de mayor utilización, como la zona del mínimo y la carga parcial.

Los elementos fundamentales de funcionamiento del potenciómetro son el cursor, que va unido al movimiento de la aleta-sonda y cuyo muelle antagonista lo fuerza a mantenerse en la posición de cerrado (figura 4.19), y una corona dentada por la cual se accede al tensado del muelle antagonista.

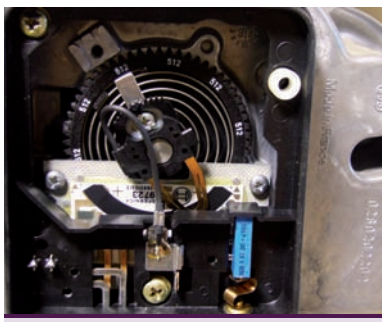
La parte fundamental del dispositivo está en la pista de contacto y en el conjunto de las resistencias que forman el potenciómetro.



4.17. Ubicación del sensor de temperatura en el caudalímetro.



4.18. Señal de un sensor de temperatura del aire.

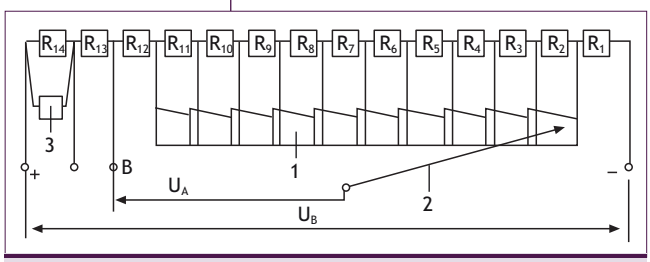


4.19. Parte superior interna del caudalímetro.

En la figura 4.20 puede verse un esquema que muestra **la constitución eléctrica interna de un potenciómetro**. Está formado por la rampa de resistencias (1) que va de R_1 a R_{12}, con un valor óhmico alto y estando intercaladas con respecto a la posición máxima y mínima del cursor (2). La corriente de la batería mantiene una tensión (U_B) entre el borne de entrada y el de salida. La corriente atraviesa las resistencias R_{14} y R_{13} y por el borne (B) se pone en contacto con el cursor. En la posición indicada en la figura la corriente solo ha de atravesar la resistencia R_1, por lo que su señal de salida hacia la unidad de control tiene un valor de tensión alto. A medida que el cursor se desplaza hacia la izquierda entran en juego mayor número de resistencias y ello hace que la tensión de salida (U_A) sea cada vez más baja.

En el esquema se ve también una termistancia (3) que controla la temperatura del aire, dato que afecta a su densidad. El valor óhmico de la termistancia al variar con la temperatura influye en el valor total de la tensión de salida (U_A) que se envía a la unidad de control.

1 Rampa
2 Cursor
3 Termistancia
U_A Tensión de salida
U_B Tensión de batería
R_1 ... R_{14} Resistencias óhmicas



4.20. Esquema eléctrico del potenciómetro.

NTC

Las NTC son de material semiconductor, cuya resistencia disminuye al aumentar la temperatura. Se fabrican realizando combinaciones de Ni/Mn/O, Ni/Mn/Cu/O o Ti/Fe/O.

Las PTC están fabricadas con materiales cerámicos utilizándose, fundamentalmente, compuestos de bario, plomo y titanio.

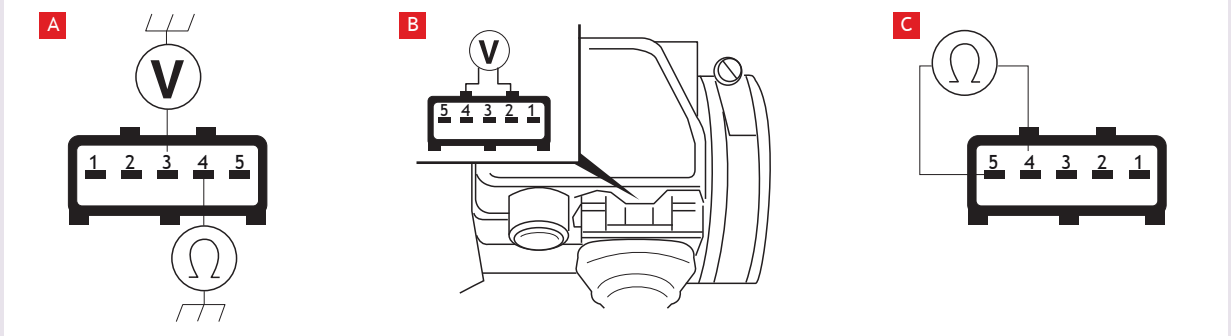
Técnica

Comprobación del caudalímetro

•• Esta comprobación depende del modelo de caudalímetro, sobre todo en relación a los terminales que se van a conectar. Aún así, la mayoría de las pruebas están basadas en el desplazamiento de una resistencia variable.

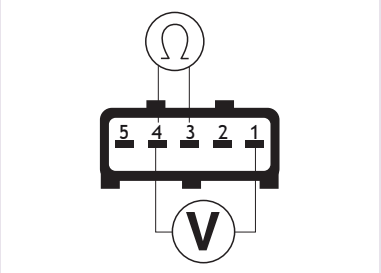
Las averías más frecuentes están relacionadas con el desgaste que se produce en la resistencia, sobre todo en las zonas de mayor utilización, como la de inicio y la de media carga:

- Verificar que el caudalímetro **se desplaza de forma suave**, sin holguras, durezas o estancamiento.
- Comprobar la **tensión o resistencia del potenciómetro** según se realice la prueba, con motor en marcha o con el caudalímetro desconectado, en función de los datos específicos del fabricante. Como mínimo, al comprobar el potenciómetro la resistencia o la tensión ha de variar de forma progresiva según se desplaza la aleta.
- **Comprobar la conexión a masa**. Desconectar el conector del caudalímetro y comprobar la resistencia entre el terminal del conector de mazo de cables (4) y masa. Esta debe dar cero (figura 4.21.A).
- **Comprobar la tensión de alimentación**. Proceder igual que en la prueba anterior, pero la medida se debe realizar entre el terminal 3 y masa. El resultado debería ser de 5 V aproximadamente (figura 4.21.A).
- **Comprobar la tensión de salida**. Con el contacto dado y el conector enchufado, conectar el polímetro entre los terminales 2 y 4. Con la trampilla cerrada el resultado debe ser de 4,5 a 5 V, y con la trampilla abierta, de 0,1 a 0,3 V (figura 4.21.B).
- Si el caudalímetro incorpora **sensor de temperatura de admisión**, una vez desconectado el conector se obtendrá la resistencia pinchando en los terminales 4 y 5. Verificar con los datos proporcionados por el fabricante a diferentes temperaturas (figura 4.21.C).



4.21. Comprobaciones básicas de un caudalímetro.

- **Comprobar su resistencia y tensión** en el **potenciómetro de CO**. Para obtener la resistencia asegurarse de que el conector está desconectado y conectar el óhmetro entre los terminales 3 y 4, siendo el resultado de entre 300 y 550 Ω. Sin embargo, para obtener su **tensión** con los terminales conectados se dará el contacto y girando el potenciómetro de tope a tope se obtendrá una tensión que variará entre 0,5 y 4,5 V (figuras 4.22 y 4.23).



4.22. Comprobación de la tensión y resistencia del potenciómetro de CO.

4.23. Regulación del CO.

Una variante avanzada del sistema L-Jetronic es el **LH-Jetronic**, que dispone de un sistema de medida de masa de aire consumido por el motor completamente estático y eléctrico, eliminando todo tipo de movimiento mecánico y, por tanto, todo desgaste y desajuste que se produce en el caudalímetro de aleta-sonda. El sistema consiste en la colocación de un **hilo caliente de platino de escaso grosor (70 micras)** en el colector de admisión.

Actualmente es el más utilizado. Se basa en un **hilo o membrana** instalado en el conducto de admisión y alimentado constantemente con una intensidad determinada para conseguir que tenga una temperatura permanente (aproximadamente 120 °C).

El aire que entra al motor produce un efecto de enfriamiento del hilo de platino, lo que provoca que la **resistencia** del mismo varíe; si la cantidad de aire que fluye pasando el hilo es grande, tendrá un efecto de refrigeración importante sobre el hilo. El circuito al que está asociado el hilo de platino detecta esta variación de resistencia y corrige la corriente que atraviesa el hilo para mantener la **temperatura constante a 120 ºC,** superior a la del aire de admisión. Esto significa que la cantidad de calor que se absorbe en el hilo o membrana instalado en el conducto de admisión es proporcional a la cantidad de aire que pasa por el conducto o caudal. Por lo tanto, midiendo la intensidad de corriente necesaria para que el hilo se mantenga a una temperatura constante, se puede deducir el caudal de aire que circula.

De esta manera consigue una relación entre el caudal de aire y la corriente calefactora. Esta regulación a temperatura constante se produce de forma muy rápida gracias a la poca masa del hilo. La corriente calefactora oscila entre **500 y 1 200 mA**. En el mismo tubo de medición se ha instalado otra resistencia de compensación de temperatura del aire de admisión.

El circuito electrónico que hace posible esta medición es el **puente de Wheatstone**. Está formado por cuatro resistencias calibradas que establecen un equilibrio de manera que la tensión entre sus extremos sea siempre 0.

Montaje del medidor de hilo caliente

El medidor de masa de aire por hilo caliente se encuentra también en determinados motores equipados con sistemas de inyección Motronic.

Efecto Joule

El sistema LH-Jetronic tiene su fundamento en dos aspectos físicos:

- Efecto Joule, según el cual la cantidad de calor producida al paso de una corriente eléctrica por un conducto es proporcional a la resistencia del conducto, al cuadrado de la intensidad de la corriente y al tiempo empleado.
- La cantidad de calor absorbido en un conducto es proporcional al caudal de aire que pasa rozándolo.

>> Casos prácticos

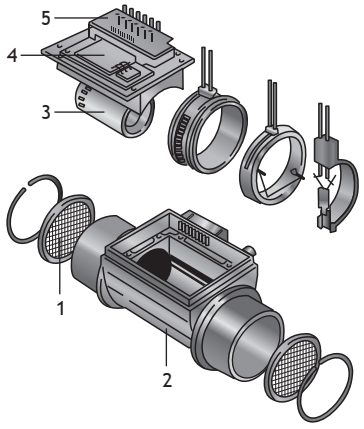
Regulación de CO

•• Comprueba y ajusta el nivel de CO al ralentí en un vehículo con caudalímetro de hilo caliente.

Solución •• Toma las mediciones con el filtro del aire conectado, el sistema de escape instalado y sin fugas:

- Saca el tapón de la parte superior del caudalímetro.
- Ajusta el tornillo hasta que el nivel de CO sea conforme a las especificaciones anticontaminación. Ten precaución de no mantener el motor al ralentí más de tres minutos al hacer este ajuste.
- Acelera durante 30 segundos a 2 000 rpm o más tiempo para evacuar gases residuales de la fase de ralentí o, si fuera necesario, para mantener la temperatura normal de funcionamiento.
- Vuelve a comprobar el nivel de CO al ralentí, ajustándolo si fuera preciso.
- Sitúa nuevos tapones en el caudalímetro y tornillos de ajuste del ralentí.

1 Rejilla protectora
2 Carcasa de plástico
3 Conducto tubular
4 Placa de circuitos impresos
5 Conexiones eléctricas



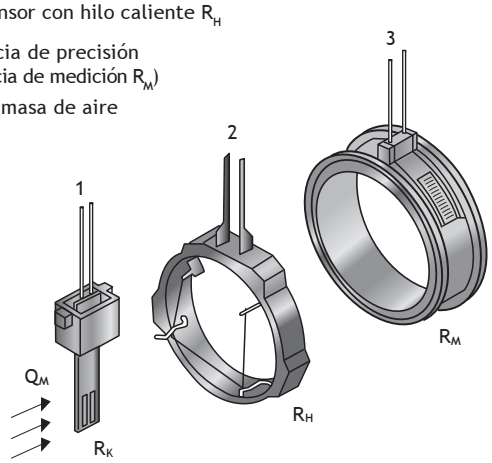
4.24. Despiece completo del medidor de masa por hilo caliente.

El caudalímetro (figura 4.24) está compuesto por un cilindro (3) provisto de unas rejillas (1) para proteger el interior. Sujeto en una carcasa (2) se encuentra el hilo medidor (figura 4.25), que suele ser de platino. Está alimentado por una corriente eléctrica para mantenerlo a una temperatura constante (120 °C) superior a la del aire que entra en el cilindro. También en el interior del cilindro se encuentra un sensor de temperatura de aire (figura 4.26), indispensable para establecer el correcto funcionamiento del caudalimetro.

El aire aspirado por los cilindros absorbe parte de la temperatura del hilo medidor. Variando su resistencia, el puente de Wheatstone entra en funcionamiento, equilibrando el sistema. Para ello, corrige la corriente necesaria para que se mantenga constante la temperatura del hilo. La información transmitida a la UCE es una tensión eléctrica proporcional al volumen del aire aspirado, parámetro que utiliza para adaptar la cantidad de combustible, teniendo en cuenta también el resto de los parámetros recibidos.

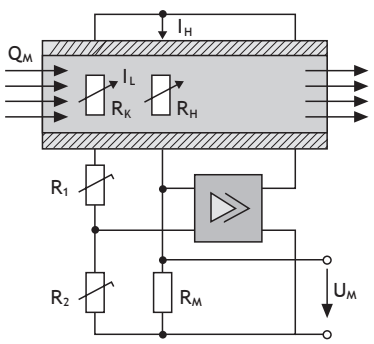
La dificultad que tiene este sistema es que requiere cierta limpieza en el interior del conducto por donde circula el aire aspirado, sobre todo en el hilo detector del caudal. Además, este sistema es sensible a las **ondas de presión** que se generan en sentido contrario al de aspiración, sobre todo a bajo régimen y a altas cargas. En este sentido, es muy importante colocar el caudalímetro en el sentido correcto de la circulación del aire; para facilitar su instalación el caudalímetro tiene marcada una flecha que indica el sentido correcto de montaje. **Para evitar la acumulación de suciedad en el hilo** se han diseñado distintas estrategias que han hecho evolucionar este componente, pero la más común consiste en que, una vez que se pare el motor y este haya pasado de 1 500 rpm y 65 °C, el calculador manda una señal al caudalímetro y el hilo se calienta a **1 000 °C** durante un segundo, provocando la combustión de posibles depósitos. Esta operación se conoce como **pirólisis.**

1 Resistencia de compensación de la temperatura R_K
2 Anillo sensor con hilo caliente R_H
3 Resistencia de precisión (resistencia de medición R_M)
Q_M Flujo de masa de aire



4.25. Estructura del conductor de masa de aire por hilo caliente.

R_K Resistencia de compensación de la temperatura
R_H Resistencia calefactora de hilo caliente
R_M Resistencia de medición
$R_{1,2}$ Resistencia de ajuste en puente
U_M Tensión de medición
I_H Corriente de calefacción
I_L Temperatura del aire
Q_M Flujo de masa de aire



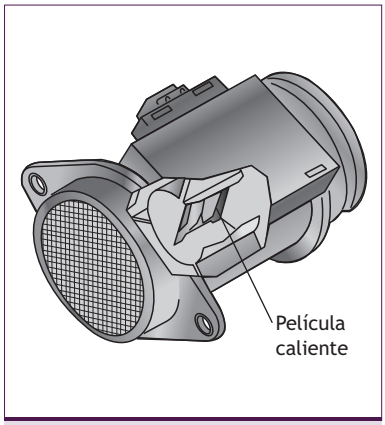
4.26. Esquema eléctrico del medidor de masa de aire por hilo caliente.

Una evolución del sistema de hilo caliente es el caudalímetro denominado de **película caliente** (figura 4.27), que mantiene el principio de funcionamiento del primero.

Varían los componentes físicos del sistema y sus ventajas son:

- Mayor integración y miniaturización de los circuitos híbridos.
- Menor posibilidad de ensuciarse.
- Posibilidad de limpiar eventuales residuos de suciedad en fase de mantenimiento.
- Ninguna necesidad de sobrecalentamiento para la autolimpieza.
- Menos obstáculos en el colector de aspiración.

La medición se realiza mediante una superficie calefactada (película caliente) alimentada con 12 V estabilizados, y una segunda resistencia variable a la cual le afecta el calor que desprende esta película caliente. La temperatura que alcanza esta resistencia de medición varía en función de la temperatura y la masa de aire que pasa por el medidor. La variación de resistencia es la magnitud que expresa la masa de aire que circula por el interior del medidor, y que es transformada en una señal eléctrica de tensión hacia la unidad de control.



4.27. Caudalímetro de película caliente.

Técnica

Comprobación del caudalímetro de hilo caliente

•• La verificación de este tipo de componentes se puede realizar tanto con un ohmnímetro como con un voltímetro, basándose siempre en los datos del fabricante del vehículo.

La comprobación de este elemento se desarrollará en los siguientes procesos:

- Comprobación visual. Con el motor parado, quitar el contacto y desmontar el caudalímetro de su ubicación, comprobando visualmente la ausencia de daños o desgaste.
- Arrancar el motor hasta que alcance su temperatura de funcionamiento, con ralentí estable y comprobando el nivel de CO. Posteriormente, parar el motor.
- Comprobación de tensión. Desconectar el capuchón del conector múltiple del caudalímetro y medir con puntas especiales en los conductores en la parte trasera del conector. A continuación, girar la llave de contacto a la posición de encendido y arrancar el motor hasta su temperatura de funcionamiento. En este momento, comprobar las tensiones según marque el fabricante.
- Combustión del filamento (pirólisis). Desconectar el filtro de aire. Arrancar el motor hasta una temperatura de 65 °C y acelerarlo hasta 2 000 rpm como mínimo. A continuación, quitar el contacto y cinco segundos después observar el filamento; este debe brillar intensamente durante un segundo.

Adaptación óptima a los diferentes estados de servicio

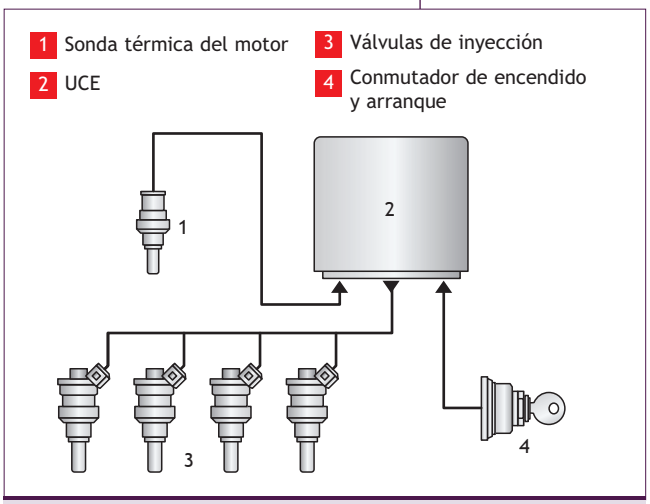
- **Arranque en frío.** El sistema de arranque en frío ofrece una **cantidad adicional de combustible** al arrancar el vehículo durante un tiempo limitado dependiendo de la temperatura del motor. El sistema puede presentar dos variantes que es necesario considerar:
  - Disponer de un enriquecimiento de la mezcla para el arranque en frío controlado directamente desde la UCE, la cual aumenta o enriquece la

Elementos comunes a otros sistemas de inyección

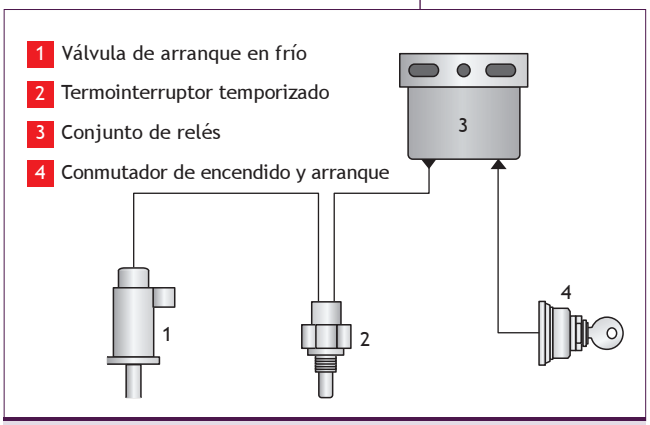
El interruptor de mariposa y el sensor de temperatura motor tienen el mismo funcionamiento que en los sistemas de inyección mecánicos y mixtos.

cantidad de gasolina inyectada según los datos que recibe de su sensor de temperatura. Según la figura 4.28, la UCE recibe una **señal desde la sonda térmica** colocada en contacto con el agua de refrigeración, y también recibe la **señal de utilización del motor de arranque** por medio del interruptor de contacto. En estas condiciones crea unos impulsos de tiempo de corrección que **prolongan el tiempo de abertura de los inyectores**, con el consiguiente enriquecimiento de la mezcla.

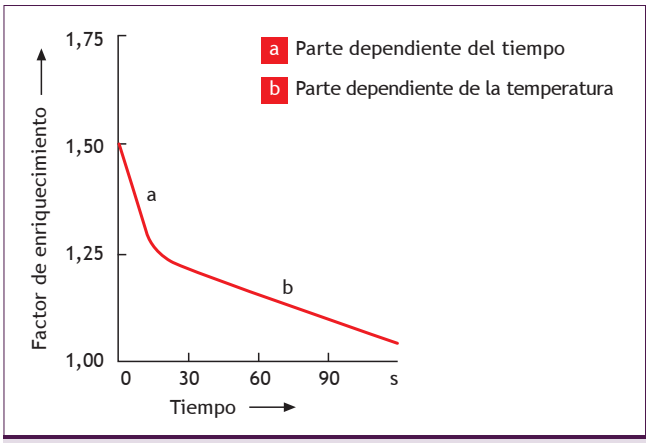
- Este sistema está formado por una caja de relés que recibe la **señal de arranque desde el interruptor de contacto** (figura 4.29). En situación de accionamiento del motor de arranque, se manda corriente al inyector de arranque en frío que hace masa a través del termointerruptor temporizado. En este momento la bobina del inyector deja paso a la gasolina, pero cuando la resistencia del interruptor térmico se calienta abre el circuito y el inyector de arranque en frío se cierra aun cuando el motor de arranque todavía esté funcionando. El inyector es accionado electromagnéticamente con las características de los estudiados hasta ahora.



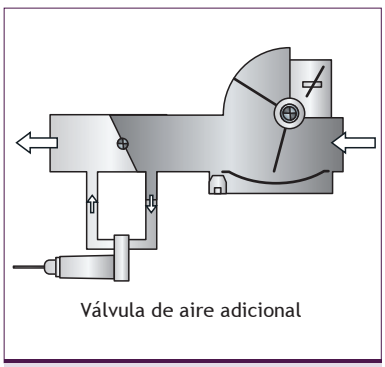
4.28. Enriquecimiento en el arranque con el control de arranque.



4.29. Enriquecimiento en el arranque mediante válvula de arranque en frío.



4.30 Evolución del enriquecimiento en la fase de calentamiento.



4.31. Ubicación de la válvula de aire adicional en el circuito de aspiración.

– **Fase de calentamiento.** En esta fase se produce un enriquecimiento de la mezcla en momentos siguientes al arranque del motor con el objetivo de evitar las pérdidas por condensación en las paredes de los cilindros, que aún están frías. Además, si no se efectúa este enriquecimiento se apreciaría una bajada brusca del régimen de revoluciones tras la desaparición de la fase de arranque en frío. El enriquecimiento se produce inyectando durante un periodo de tiempo una cantidad de combustible mayor en cada uno de los inyectores. En la figura 4.30 se puede comprobar la evolución del enriquecimiento en la fase de calentamiento. Una vez terminada esta fase se producirá el enriquecimiento que estime la UCE, ahora solo dependiendo de la temperatura que tenga el motor.

Por otra parte, con el fin de compensar este enriquecimiento con una cantidad de aire equivalente, el sistema dispone de una válvula de aire adicional, garantizándose un ralentí estable (figura 4.31).

Sistema de control

El estado de servicio del motor es registrado mediante un sistema de control por sensores que hacen llegar las correspondientes señales eléctricas a la unidad de control. Los sensores y la unidad de control forman el sistema de control.

Las magnitudes de medición pueden ser:

- **Principales**: **régimen de revoluciones del motor y caudal de aire aspirado**. A partir de esta información se determina el caudal de aire por carrera, que se acepta como medida directa del estado de carga del motor.
- **De adaptación normal**. Los estados medidos son el de arranque en frío, fase de calentamiento y adaptación de carga.
- **De adaptación precisa**. Con el fin de optimizar el comportamiento de marcha, a la hora de dosificar el combustible pueden tenerse en cuenta otros márgenes de servicio y factores de influencia que son registrados por los medidores: el comportamiento de transmisión al acelerar, la limitación del régimen máximo y la marcha con motor retenido.

Todas las magnitudes de medición (figura 4.32) son evaluadas en conjunto por la **unidad de control** de forma que el motor sea alimentado siempre con la cantidad de combustible necesaria en cada momento. Con ello se consigue un comportamiento de marcha óptimo.

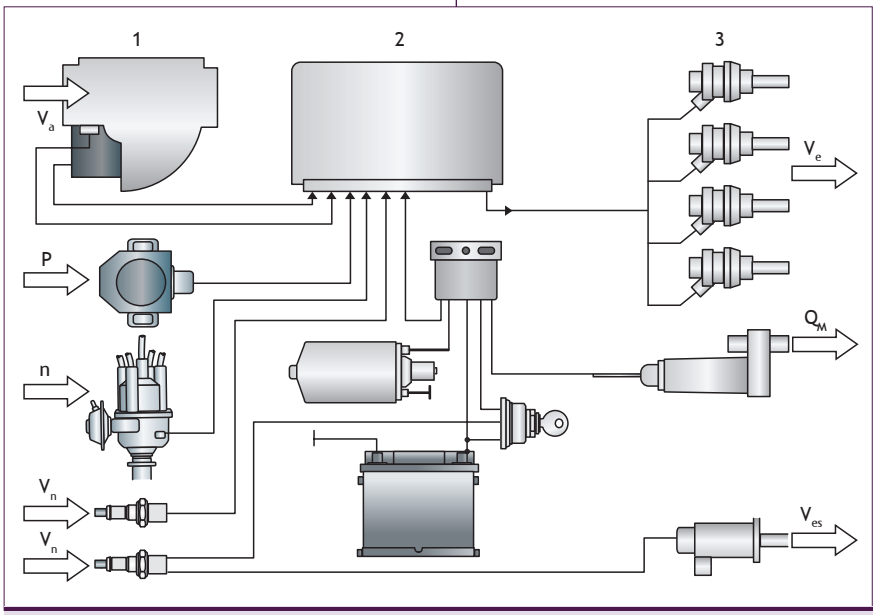
Por ejemplo, la **presión barométrica o atmosférica** se utiliza para determinar la densidad del aire a diferentes altitudes. Como el motor requiere menos carburante a altitudes elevadas, el sensor transmite una señal a la UCE para reducir el tiempo de apertura de los inyectores. Estos detectores suelen ir colocados en el interior de la UCE.

Por otra parte, la información relativa al **número de revoluciones** y al momento de inyección es proporcionada a la unidad de control L-Jetronic por el ruptor del distribuidor de encendido, en los sistemas de encendido por contactos, y por el borne 1 de la bobina de encendido, en los sistemas sin contactos.

Finalmente, el calculador determina a partir de la información sobre el aire aspirado y número de revoluciones por minuto el tiempo **básico de inyección**. Este tiempo básico puede ser modificado por las señales recogidas del resto de los sensores, que varían según el estado de servicio del motor.

P Práctica 6

1 Magnitudes de entrada
2 Unidad de control y alimentación
3 Magnitudes de salida
V_a Temperatura del aire
n Régimen del motor
P Margen de carga del motor
V_n Temperatura del motor
V_e Caudal del combustible inyectado
Q_M Caudal del aire adicional
V_{es} Caudal extra de arranque



4.32. Sistema de control L-Jetronic.

1.2 > Sistemas de inyección electrónicos combinados

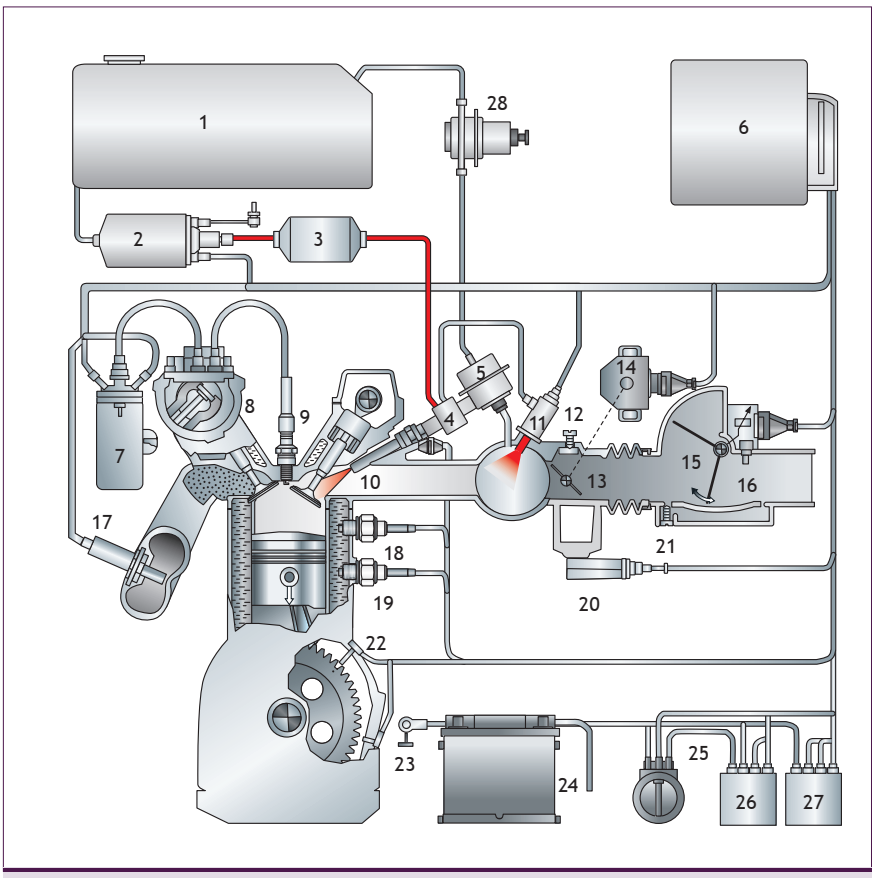
Los sistemas de inyección y encendido electrónicos combinados aprovechan una única unidad de mando para realizar ambas funciones.

De entre los numerosos sistemas combinados actuales destacan el BOSCH-Motronic, el Renix de Renault y el EEC IV de Ford. Todos ellos han ido sufriendo numerosas evoluciones con el objetivo de mejorar las prestaciones de los vehículos.

En este capítulo se desarrolla el **sistema combinado BOSCH-Motronic** por ser uno de los más utilizados en los vehículos.

El sistema combinado BOSCH-Motronic ofrece un gran rendimiento ya que aprovecha todos los **recursos del encendido** además de las **ventajas de dosificación** propias de la inyección de gasolina. El corazón del sistema Motronic es la **UCE**, que utiliza un microordenador para controlar el rendimiento del motor a partir de la información suministrada por varios **sensores** situados en el motor. Los ajustes necesarios para el encendido y para la alimentación de combustible se pueden hacer para conseguir el rendimiento óptimo en todas las condiciones de trabajo del motor.

En la figura 4.33 tenemos el esquema general correspondiente a los elementos que forman parte del equipo Motronic más básico. Es un sistema parecido al L-Jetronic pero con algunas variantes.



4.33. Sistema de inyección Motronic.

1 Depósito de combustible
2 Bomba de combustible
3 Filtro de combustible
4 Distribuidor de combustible
5 Regulador de presión
6 Unidad de control
7 Bobina de encendido
8 Distribuidor de alta tensión
9 Bujía
10 Válvula de inyección
11 Válvula de arranque en frío
12 Tornillo de ajuste del régimen de ralentí
13 Mariposa
14 Interruptor de mariposa
15 Medidor del caudal de aire
16 Sonda de temperatura del aire
17 Sonda lambda
18 Interruptor térmico temporizado
19 Sonda térmica del motor
20 Válvula de aire adicional
21 Tornillo de regulación del CO
22 Sensor de referencia angular
23 Sensor de régimen
24 Batería
25 Conmutador de encendido y arranque
26 Relé principal
27 Relé de bomba
28 Amortiguador de oscilaciones

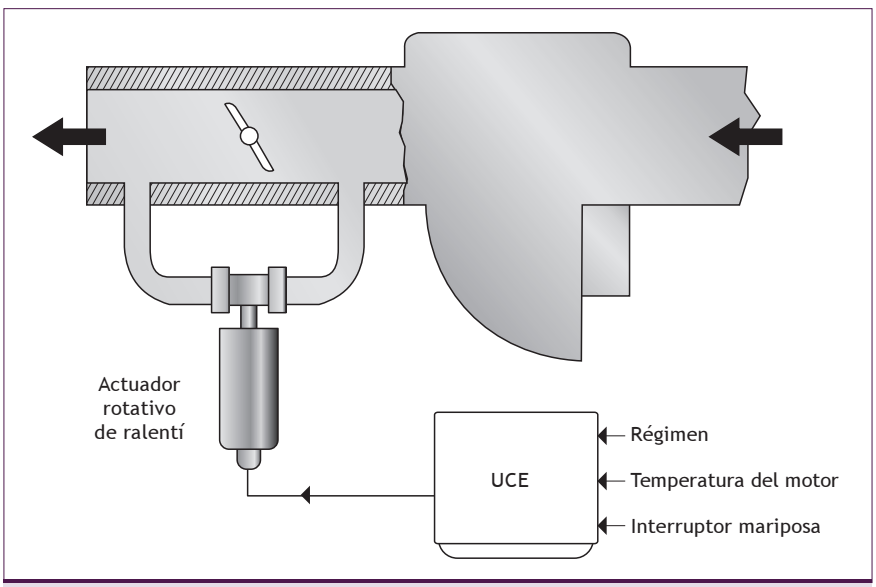
El **sistema de alimentación** está compuesto por depósito de combustible, la electrobomba de alimentación y el filtro, todo ello en contacto con la rampa distribuidora que da la alimentación a todos los inyectores. El regulador de presión se encuentra igualmente en la rampa distribuidora.

Un elemento nuevo en el sistema de **alimentación es el amortiguador de vibraciones** (figura 4.34). Sirve para **establecer una corriente fluida** en el paso de la gasolina de retorno al depósito y evitar la formación de burbujas de vapor manteniendo más baja la temperatura del combustible, que suele calentarse por culpa de la constante recirculación a la que se ve sometido. Además **elimina los ruidos** procedentes de la variación de la presión normal causados por la apertura y cierre de los inyectores o por el funcionamiento del regulador de presión. Está formado por una membrana (3) regida por un muelle (4). El combustible circula de la forma que indican las flechas (1) y las diferencias de oscilaciones las absorbe la membrana. El tornillo de fijación (6) permite el ajuste correcto de la presión del muelle y la mayor efectividad del dispositivo.

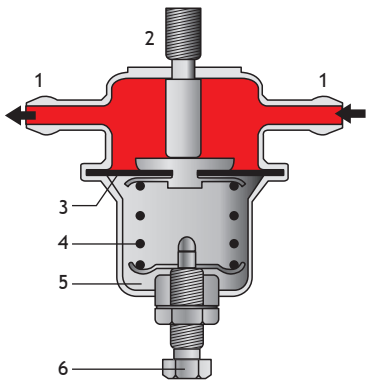
La **unidad de control** es algo más compleja; en ella se encuentran el subsistema electrónico de encendido y de inyección (figura 4.35). El **sistema de encendido** está formado por la bobina de encendido y el distribuidor de encendido, además de las bujías. Los sensores primordiales para el cálculo del encendido son:

- Captador de referencia angular de giro del cigüeñal.
- Captador de velocidad de rotación o régimen.

Otros elementos (sensores y actuadores) ya conocidos son las válvulas de inyección de que consta el motor, el inyector de arranque en frío, el termointerruptor temporizado, sonda de temperatura del motor, el tornillo de regulación de ralentí, la mariposa de acelerador, válvula de aire adicional (que puede ser sustituida por un actuador rotativo de ralentí) (figura 4.36) y el caudalímetro, con su potenciómetro y su sonda de temperatura.



4.36. Ubicación del actuador rotativo de ralentí en el sistema Motronic.



4.34. Amortiguador de vibraciones.

4.35. Unidad de control.

>> Casos prácticos

Verificación de la presión de combustible

·· Comprueba el sistema de alimentación de los sistemas electrónicos de inyección indirecta de gasolina.

Solución ·· Los pasos para comprobar el sistema electrónico de inyección son los siguientes:

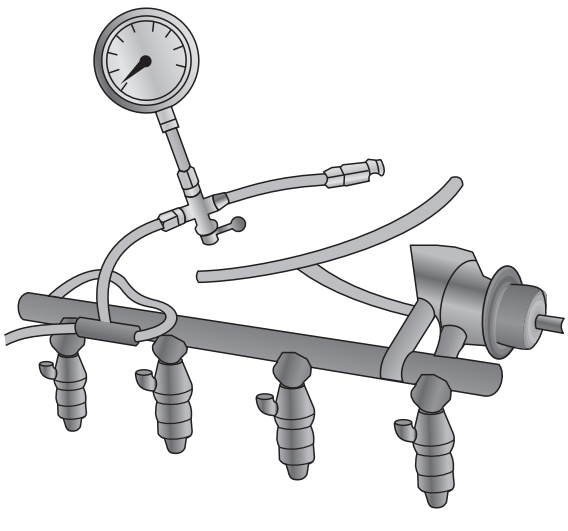
1. Comprobación de la presión en la rampa de inyección.

En primer lugar conecta un manómetro entre la tubería de alimentación y la rampa de combustible (figura 4.37). Arranca el motor y mantenlo en ralentí. El manómetro debe marcar de 2,0 a 2,2 bar de presión con la tubería de vacío del regulador de presión conectada, y de 2,3 a 2,7 bar con la tubería de vacío desconectada.

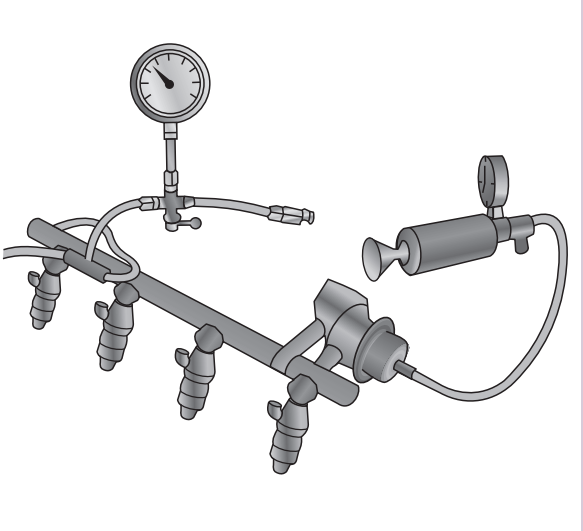
Observa si se produce una caída de presión al parar el motor. Para determinar la causa de cualquier caída de este tipo, pinza el manguito entre la bomba y el soporte distribuidor de combustible a fin de comprobar el estado de la válvula de retención antirretorno de la bomba. Pinza el manguito de retorno por debajo del regulador de presión para comprobar si la válvula tiene fugas y, finalmente, comprueba el caudal de pérdidas de los inyectores.

2. Comprobación del funcionamiento del regulador de presión.

Mantén el manómetro en la posición de la prueba anterior (figura 4.38) y, una vez anotada la presión con el motor en marcha, desconecta la tubería de vacío del regulador de presión y conecta una bomba de vacío. Cuando apliques un vacío de 0,5 bar, la presión de combustible debe descender en 0,5 bar igualmente. En caso de no producirse esta bajada de presión vigila el manguito de retorno del regulador al depósito. Si este último estuviera correctamente, sustituye el regulador.



4.37. Comprobación de la presión en la rampa de inyección.



4.38. Comprobación del regulador de presión.

A continuación se van a estudiar los **sensores y actuadores** que presentan diferencias respecto a los sistemas vistos hasta ahora, así como la evolución que estos sufren en las diferentes versiones del sistema Motronic.

1.3 > Sensores

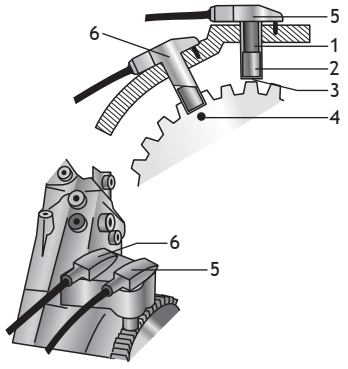
A continuación se van a describir los sensores básicos de una inyección combinada electrónica y la evolución que han sufrido.

Sensor de posición angular del cigüeñal y velocidad de giro

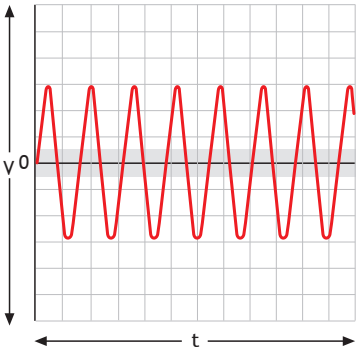
La unidad de control utiliza las señales de posición angular del cigüeñal y la velocidad de giro del motor para determinar el instante más adecuado del salto de chispa e inyección de la gasolina.

Estos sensores van situados en las proximidades de la corona dentada del volante de inercia del motor (figura 4.39). La corona cuenta con un número de dientes determinado y un hueco que corresponde a dos dientes más.

El **transmisor de régimen (5)** consta de un imán permanente (1) en cuyo extremo se encuentra un núcleo de hierro dulce (2) envuelto por un bobinado (3). Al paso de los dientes de la corona se induce una corriente eléctrica que produce una variación de valor y sentido del campo magnético que el imán permanente concentra en el núcleo de hierro dulce (señal alterna sinosoidal con frecuencia y amplitud proporcional a la velocidad de giro del motor) (figura 4.40). La corriente así generada tiene valores diferentes según la velocidad del paso de la señal de referencia pues la corriente inducida aumenta a medida que la señal pasa frente al transmisor. Además, la corriente es analizada por la UCE y según su valor actúa como un parámetro para saber el avance de encendido y el ángulo de cierre del paso de la corriente por el primario de la bobina para conseguir una perfecta saturación de la misma.

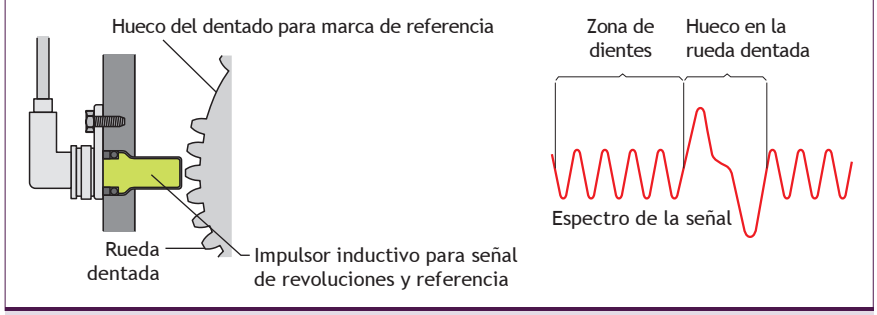


4.39. Ubicación de los captadores de régimen y posición angular.



4.40. Señal de régimen motor de tipo inductivo sin hueco en el volante de inercia.

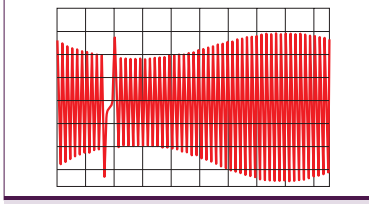
Para determinar la posición del cigüeñal sobre el volante motor se dispone de un perno (4) que al pasar frente al **captador de posición angular (6)** genera una señal por cada vuelta, determinante de la posición del motor en su giro, que es enviada al módulo de control. En caso de ausencia de esta señal el motor no arranca o se para si está en funcionamiento.



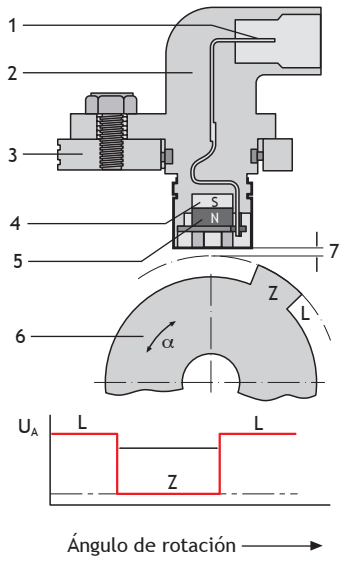
4.41. Señal de revoluciones y posición con un captador y corona dentada.

Este sistema de dos captadores se ha sustituido por uno solo y corona dentada (figura 4.41). El régimen de giro se determina de igual manera; en cambio, la posición angular del motor se determina al suprimir dos de los dientes de la corona dentada en cada semivuelta para crear una referencia de posición. Esta señal permite a la UCE reconocer con la antelación necesaria el PMS del par de cilindros 1-4 y luego del par 2-3.

Cuando las ondas sinosoidales tienen un **valor de pico a pico variable de forma armónica**, es prueba de que la rueda dentada está alabeada. Si la oscilación no es tan armónica, el origen está en el giro del motor poco regular debido a una pérdida de rendimiento de los cilindros (figura 4.42).



4.42. Señal armónica de un captador de revoluciones y posición angular.



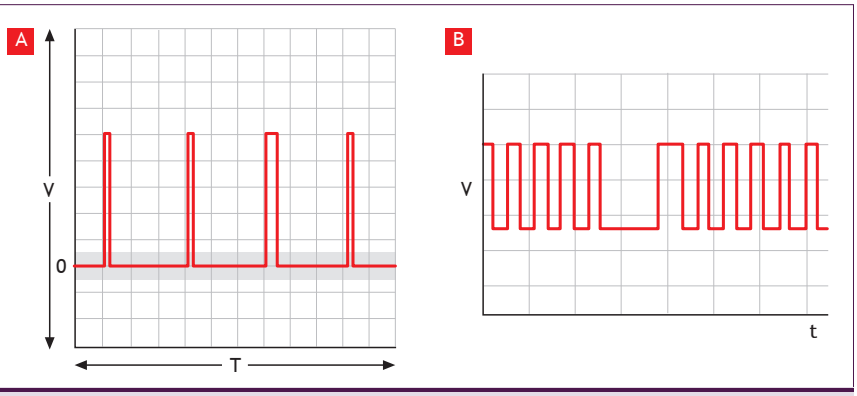
1 Alimentación del sensor
2 Sensor
3 Soporte
4 Imán permanente
5 Circuito integrado hall
6 Rotor
7 Entrehierro

4.43. Sensor de revoluciones y posición angular de tipo hall.

Un sistema que actualmente se está implantando para obtener la información de posición y régimen de giro en detrimento de los captadores inductivos es el compuesto por **sensores de tipo hall**. Estos van situados en el árbol de levas o cigüeñal y basan su principio de funcionamiento en el **efecto hall**. Junto con el árbol de levas y cigüeñal gira un rotor (6) de material ferromagnético que puede estar formado por dientes, segmentos o un diafragma con aberturas. El circuito integrado hall (5) se encuentra entre el rotor y un imán permanente (4) que proporciona un campo magnético perpendicular al elemento hall. Cuando pasa un diente (z) por delante del elemento sensor atravesado por corriente (placa semiconductora) del sensor de barra, varía en él la intensidad del campo magnético perpendicularmente al elemento hall. Por tanto, los electrones impulsados por el componente longitudinal de una tensión aplicada al elemento son desviados en mayor grado perpendicularmente al sentido de la corriente (ángulo α) (figura 4.43).

De este modo se genera una señal de tensión (tensión hall) en un margen de milivoltios, independiente de la velocidad relativa entre el sensor y la rueda de impulsos. El sistema electrónico evaluador incorporado en el circuito integrado hall del sensor prepara la señal y la entrega como una señal de salida rectangular.

En el caso de ir el sensor en el volante de inercia se pueden dar dos tipos de señales. Un ejemplo de señal que se puede generar es como la de la figura 4.44.A, en donde uno de los dientes de la corona dentada es más ancho que los demás; y otro ejemplo sería el de la figura 4.44.B, con un hueco de dientes en la corona dentada.



4.44. Tipos de señales de un sensor de revoluciones y posición angular tipo hall.

Por otra parte, existe un sistema con sensores de rpm y ángulo de cigüeñal utilizado en los vehículos Mitsubishi, en donde un sensor informa a la unidad de control del régimen del motor y de la posición de un pistón con respecto al PMS, y el otro identifica el cilindro en cuestión. Estos sensores se pueden encontrar de **forma conjunta en el distribuidor de encendido o bien en una caja en el extremo del árbol de levas de admisión, cuando el encendido es estático.**

El sistema se compone de un disco giratorio con 4 huecos repartidos cada 90° (figura 4.45) en su parte exterior y otro cerca del centro, además de **dos diodos electrolumiscentes** (LED) y **dos fotodiodos** colocados a ambos

Tipos de coronas dentadas

El número de dientes de la corona depende de la aplicación. Los motores con sistemas de gestión por electroválvulas tienen ruedas de impulsos con división 60, existiendo un hueco correspondiente a dos dientes.
Esto quiere decir que la rueda tiene 60 - 2 = 58 dientes.

lados del disco, que tienen el objetivo de detectar el paso de las hendiduras. Cada vez que una hendidura pasa por delante de un diodo LED, el haz luminoso alcanza el fotodiodo y cierra el circuito. Una vez ha girado la hendidura, el haz ya no llega al fotodiodo, abriendo el circuito. Con esto se consiguen señales en forma de onda cuadrada que son enviadas a la unidad de control.

Sensores de posición o potenciómetros de válvula de mariposa

Informan a la unidad de control para el reconocimiento de las posiciones de pie levantado, pie a fondo y transitorios, para las estrategias de aceleración, deceleración y corte de inyección.

Es decir, es un sensor de posición continua, constituido por una resistencia variable lineal, que proporciona una señal eléctrica en cada posición de la mariposa, desde el cierre hasta su máxima apertura (figura 4.46). Está compuesto por un **potenciómetro de una sola pista** (1) cuya parte móvil (2) es dirigida directamente por el eje de la válvula de mariposa.

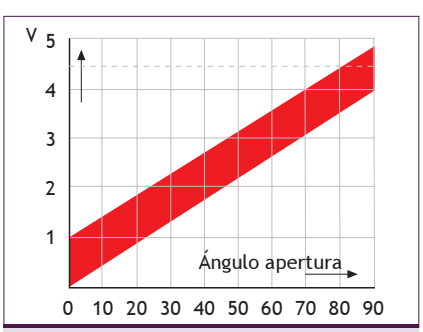
La centralita de mando alimenta, durante el funcionamiento, al potenciómetro con una tensión de 5 V aplicada a los contactos a y c. Sobre el contacto b se recoge una tensión variable que es proporcional a la posición de apertura de la válvula de mariposa (figura 4.47). En función de la tensión enviada por el contacto b, la centralita reconoce la condición de apertura de la válvula de mariposa y corrige oportunamente el porcentaje de la mezcla.

Con la mariposa cerrada, una señal eléctrica con tensión de 0,5 V alcanza la centralita: por ello, esta última reconoce la condición de mínimo y de cut-off (diferenciándolas según el número de rpm).

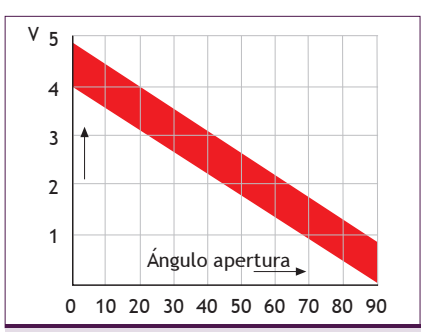
Desde la posición de mariposa cerrada, **abriendo gradualmente la mariposa** misma, la señal de tensión aumenta en forma gradual hasta alcanzar un valor de tensión de 5 V aproximadamente cuando la válvula de mariposa alcanza la apertura máxima de 80°.

En algunos vehículos la señal de voltaje, en vez de ser ascendente como se ha explicado anteriormente, es descendente (figura 4.48).

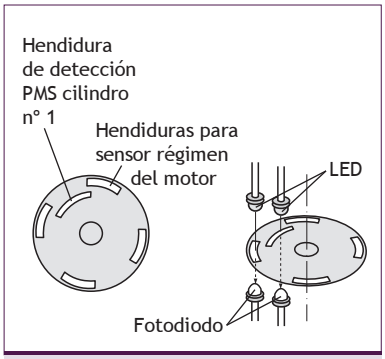
La ventaja principal que tiene este modelo es que la centralita está continuamente informada de la posición de la mariposa y puede realizar una corrección de la inyección más precisa.



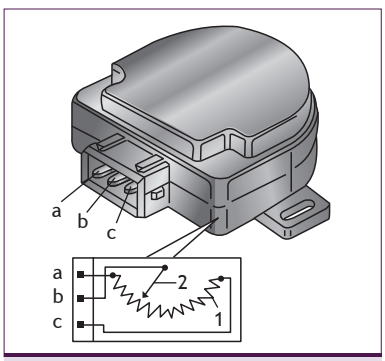
4.47. Señal ascendente de un potenciómetro de mariposa.



4.48. Señal descendente de un potenciómetro de mariposa.



4.45. Sensor óptico de régimen y posición angular.



4.46. Potenciómetro de una mariposa de una sola pista.

Fotodiodo

Su estructura es similar a la de un diodo normal, excepto porque su envoltura es transparente. Se utiliza polarizado inversamente, produciéndose una corriente de fuga proporcional a la luz que recibe. Se utilizan en alarmas antirrobo y control remoto por infrarrojo del cierre centralizado.

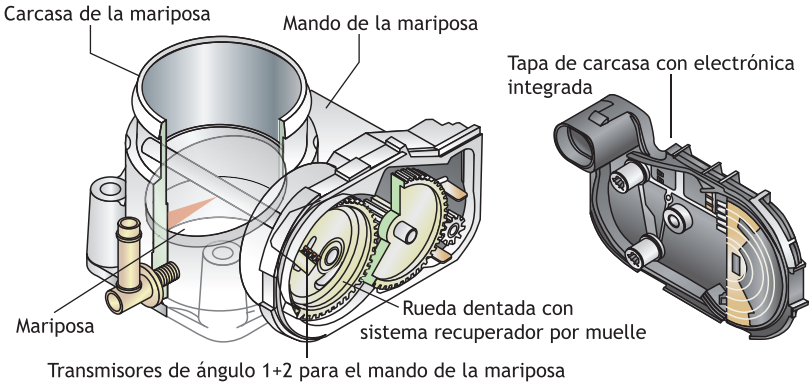
Terminales de un potenciómetro

Los potenciómetros de una sola pista se distinguen fácilmente de los anteriormente estudiados por tener un mínimo de tres terminales, pudiendo tener hasta cuatro (según versión) y, al desplazarse, no se escuchan los microrruptores, ya que se desplazan a través de una resistencia variable.

Potenciómetro de doble pista

Existe un potenciómetro de doble pista de señales no contrapuestas que se analizará al estudiar los sistemas monopunto.

Algunos vehículos que montan **acelerador electrónico** (**conlleva la instalación de una mariposa motorizada o electrónica)** utilizan **dos potenciómetros** para mayor seguridad, ya que un problema en su medición podría provocar una regulación de par equivocada. Los potenciómetros tienen idénticas características, pero debido al modo de conexión **envían señales contrapuestas**, es decir, un potenciómetro envía el máximo valor de tensión con la mariposa cerrada y el otro lo hace con la mariposa totalmente abierta (figura 4.49).



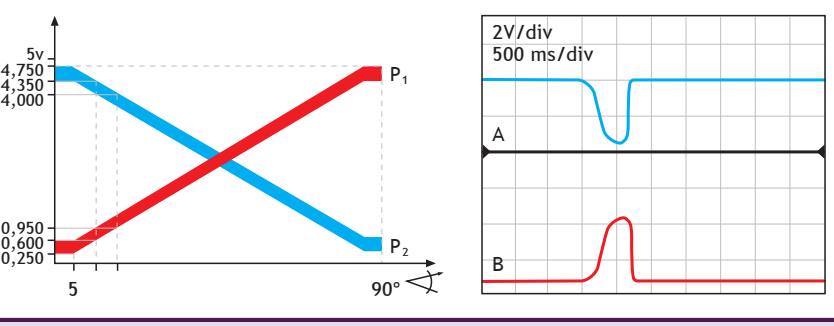
4.49. Potenciómetro de doble pista instalado en el cuerpo de mariposa motorizada.

Los potenciómetros informan a la unidad de la posición de la mariposa, utilizando la unidad esta señal como retroinformación para el **control del actuador de mariposa y para los cálculos de inyección y encendido.**

En caso de fallo de uno de los potenciómetros la unidad trabajará únicamente con la señal del segundo potenciómetro, pero utilizando un programa de emergencia por el cual queda limitada la potencia máxima del motor. Si fallan los dos potenciómetros, la unidad no excitará al actuador, quedando la mariposa en posición de reposo.

Además, el conjunto consta de un interruptor de ralentí que está integrado en la unidad de mando de mariposa y envía una señal de negativo a la unidad de control cuando la mariposa se encuentra en posición de reposo.

Las señales que se obtienen a través de un osciloscopio son como las de la figura 4.50.



4.50. Señal de un potenciómetro doble de señales inversas.

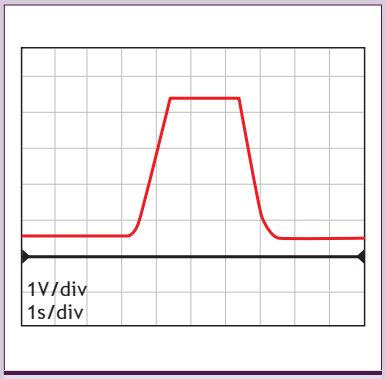
Casos prácticos

Comprobación de un potenciómetro de una pista

·· Realiza el proceso de comprobación de un potenciómetro de una sola pista y obtén la señal de tensión en un osciloscopio.

Solución ··

- Con el encendido y el conector múltiple del potenciómetro desconectados, verifica la resistencia del sensor entre los terminales. Debe coincidir con el que indique el fabricante según modelo.
- Verifica las distintas resistencias en el abanico de movimientos de las posiciones de la mariposa. Estos valores deben ser progresivos y sin saltos. Compara los resultados obtenidos con los especificados por el fabricante.
- Verifica la continuidad del cableado con el encendido desconectado y también el conector múltiple.
- Verifica las tensiones del sensor conectando las puntas del polímetro en la parte trasera del conector. Realiza esta prueba con el encendido conectado y gira la mariposa del potenciómetro desde la posición cerrada hasta la de máxima apertura.
- Obtén la curva de tensión según se va abriendo o cerrando la mariposa de gases unida al potenciómetro (figura 4.51) con las puntas del osciloscopio en los terminales del conector múltiple que indique el fabricante.



4.51. Señal de un potenciómetro sencillo.

Actividades propuestas

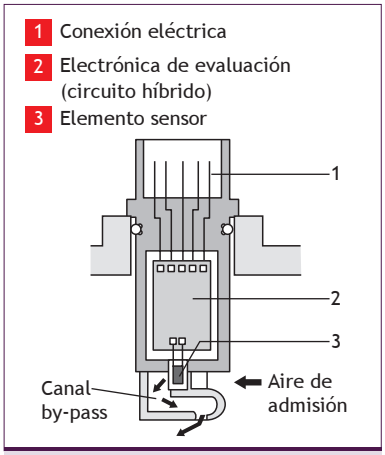
1·· Obtén la gráfica y curva de tensión sobre un potenciómetro de doble pista para la señal de mariposa de gases.

Caudalímetro de masa del aire por lámina caliente y de flujo inverso

Este medidor permite determinar realmente la cantidad de aire aspirado por el motor, el cual detecta las pulsaciones y corrientes de reflujo causados por la apertura y cierre de las válvulas de admisión que provocaban una incorrecta medición.

Esta señal es utilizada principalmente por la unidad de control del motor para el control del caudal inyectado y del avance del encendido.

Está constituido (figura 4.52) por una **célula de medición** (3) en contacto con la corriente de aire parcial en la entrada de aire de admisión, y un **sistema electrónico evaluador integrado** (2). Este último se comunica con la unidad de control a través de conexiones eléctricas (1). El canal de medición de la corriente parcial (by pass) está conformado de manera que el aire puede fluir sin remolinos por delante de la célula y refluir por la salida hacia el conducto de medición. De ese modo se mejora el comporta-

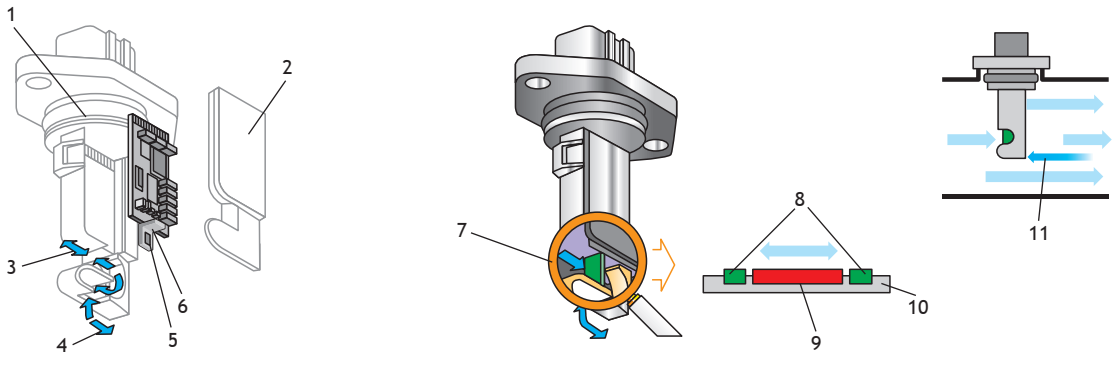


4.52. Medidor de masa de aire de película caliente.

miento del sensor en caso de corrientes de fuerte pulsación y, además de las corrientes en sentido directo, se reconocen también los reflujos.

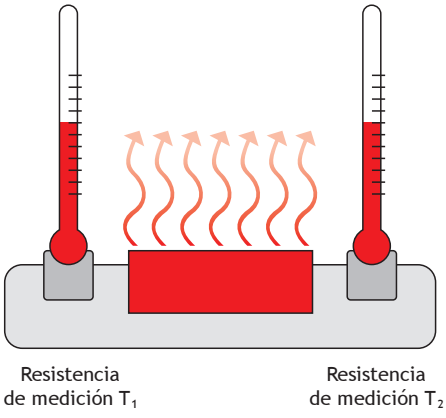
El medidor dispone de un **canal de medición** (7) (figura 4.53) por el que fluye una parte del flujo de aire. En el canal se encuentra el sensor de medición, el cual consta de una **placa de vidrio** (10) en la que están encastrados un **elemento calefactor** (9) en la posición central y **dos resistencias de medición R_1 y R_2** (8) en los laterales de la placa.

Al no existir corriente de aire, la temperatura generada por el elemento calefactor se disipa de un modo lineal hacia los extremos de la placa, registrando ambas resistencias de medición la misma temperatura (figura 4.54).

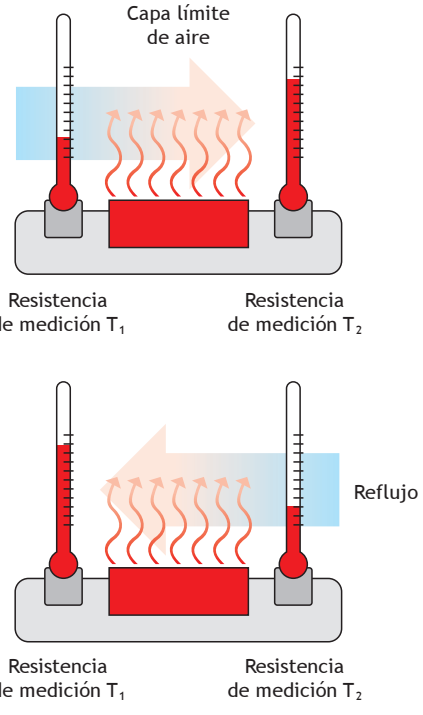


4.53. Elementos que forman el medidor de masa de aire.

1 Carcasa
2 Tapa de carcasa
3 Conducto de medición
4 Caudal de aire parcial
5 Elemento sensor
6 Circuito eléctrico
7 Canal de medición
8 Resistencias de medición
9 Elemento calefactor
10 Placa de vidrio
11 Corrientes de reflujo



4.54. Resistencia de medición en caudalímetros de lámina caliente.



4.55. Ejemplo de medida de resistencia con variación de temperatura.

Al existir un flujo de aire (figura 4.55), se genera justo sobre la placa una capa límite de aire, la cual absorbe calor de la parte delantera del sensor. El aumento de temperatura de la capa hace que la reducción de la temperatura en la parte posterior del sensor sea mínima. Es decir, la temperatura de la resistencia T_1 se reduce en gran medida, mientras T_2 apenas sufre ninguna modificación.

Durante el funcionamiento del motor, y debido a la apertura y cierre de las válvulas, se generan flujos inversos de aire **reflujos** en el conducto de admisión.

El elemento sensor detecta los reflujos. El flujo de aire que circula en sentido inverso provoca exactamente el efecto contrario al explicado hasta ahora. O sea, la placa en la parte posterior cede calor hacia la capa límite de aire, la cual aumenta su temperatura, por lo que la parte delantera del sensor no sufre apenas ninguna reducción de temperatura. La temperatura de T_2 se reduce notablemente; en este momento el medidor de masa de aire reconoce el reflujo de aire y envía una señal hacia la unidad de control.

Esta señal es interpretada como **aire que sale del motor hacia el filtro de aire y no como aire que entra a los cilindros**.

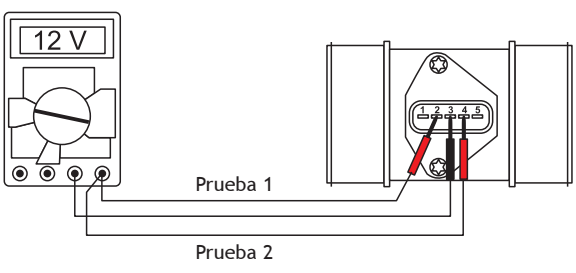
La medición efectuada por este medidor permite establecer una óptima composición de la mezcla gracias a la gran exactitud con la que reconocemos la entrada total de aire hacia el motor.

En el caso de ausencia de la señal del medidor de masa, la unidad de control del motor utiliza la señal del potenciómetro de mariposa para realizar los diferentes cálculos.

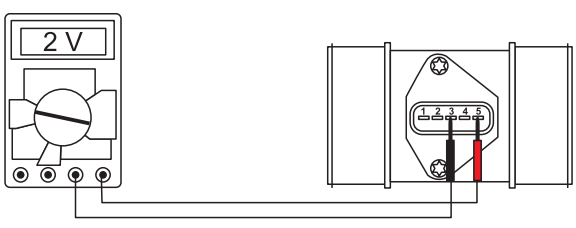
Técnica

Comprobaciones sobre el medidor de masa de aire

- Con el sensor conectado a la instalación, comprobar la alimentación de la resistencia PTC (12 V) y alimentación electrónica del medidor (5 V) (figura 4.56).
- Con el sensor conectado y el motor en marcha, se conectará el polímetro entre los terminales 3 y 5, obteniendo la señal de salida a ralentí (1 a 2 V) y a plena carga (4 a 4,5 V) (figura 4.57).



4.56. Comprobación de la resistencia PTC y alimentación.



4.57. Comprobación de la señal de tensión.

Sensores de presión absoluta

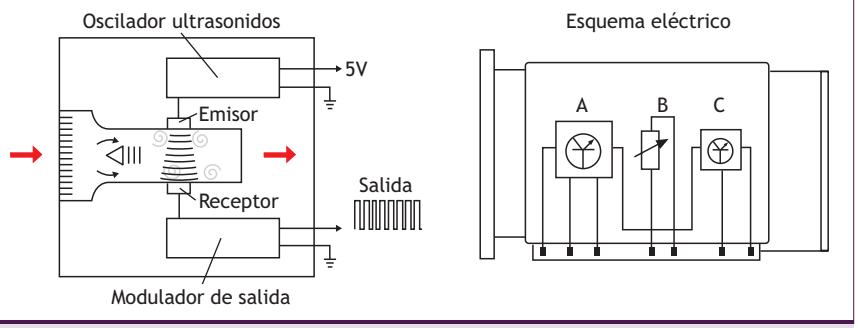
Otro sensor utilizado para determinar la cantidad de aire de admisión son los captadores de presión absoluta. Dicho elemento no ha sido utilizado por BOSCH en el sistema L-Jetronic, pero otros sistemas que combinaban la inyección y el encendido, como Ford en la EFI-EEC-IV y la Renix de Renault, sí utilizaban dicho sensor.

Otro tipo de caudalímetro empleado principalmente por la **marca Mitsubishi** es el **caudalímetro por ultrasonidos**, que interpreta la masa de aire detectando las alteraciones que se producen en el aire aspirado cuando pasa a través de **un deflector** incorporado en el medidor.

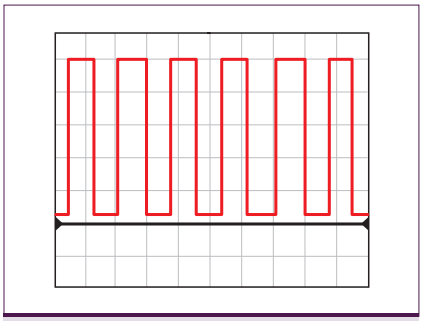
Básicamente el sensor está compuesto por un **generador y un receptor de ultrasonidos** (figura 4.58). Cuando el aire aspirado pasa por el deflector se generan unas turbulencias que se interponen en la transmisión ultrasónica, por lo que el receptor recibe menos ondas acústicas que cuando no circula aire por el medidor.

Este medidor de masa de aire incorpora, además de la electrónica de análisis de masa de aire (A), un sensor de temperatura de aire aspirado (B) y un sensor de presión absoluta de membrana piezorresistente (C).

El receptor capta las ondas y genera una señal de salida hacia la UCE cuya frecuencia representará la masa de aire aspirado (figura 4.59). La frecuencia de salida aumentará a medida que aumente la cantidad de masa de aire aspirada.



4.58. Medidor de caudal de aire Karman Vortex de Mitsubishi.



4.59. Oscilograma del medidor de masa de aire Karman Vortex.

>> Actividades propuestas

2·· Obtén la gráfica y curva de tensión sobre un potenciómetro en una sola pista para señal de mariposa de gases.

4.60. Sensor de presión absoluta de 3 cables con toma de vacío al colector.

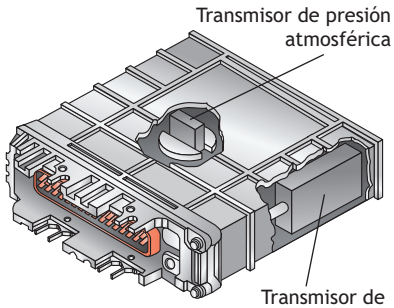
Sensor de presión en el colector de admisión. Tipo MAP

El sensor de presión absoluta es un transductor que, conectado con un tubo de goma al colector de admisión, proporciona una señal en tensión proporcional a la presión del aire presente en el colector de admisión.

Tal presión varía en función de la carga y de las revoluciones del motor. Este parámetro es importante ya que, si la mariposa se encuentra cerrada, el aire que pasa a los cilindros será menor y, por lo tanto, existirá una menor presión en el colector. Si, por el contrario, la mariposa se encuentra totalmente abierta, el llenado de los cilindros es mucho mejor y, a la vez, existirá una mayor presión en el colector. Esta información, conjuntamente con la proporcionada por el **sensor de temperatura y la posición**

angular de la mariposa, es utilizada por la centralita para **calcular el caudal del aire aspirado y el avance del encendido**. Este sensor se puede encontrar separado de la centralita (figura 4.60) o estar incluido en la misma, según versión (figura 4.61).

Este sensor puede llevar integrado adicionalmente el **sensor de temperatura** que se puede evaluar independientemente y que, además, permite establecer con exactitud la cantidad de gasolina que se debe inyectar para conseguir una determinada relación de mezcla. Al incorporar el sensor de temperatura el sensor MAP *(Manifold Absolute Pressure)* es de cuatro cables (figura 4.62).



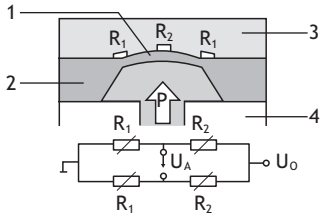
4.61. Sensor de presión del colector de admisión en centralita.

El sensor de presión absoluta más utilizado es de **tipo piezoeléctrico** con resistencia variable, que es la capacidad de determinados minerales para producir una diferencia de potencial eléctrico entre las dos caras de su superficie cuando son sometidos a una presión determinada. De esta manera, se consigue transformar energía mecánica en una señal eléctrica proporcional a la presión ejercida.

Esta propiedad es reversible, es decir, si se aplica una carga mecánica a las caras de un cristal, aparecen cargas eléctricas en ellas. Por el contrario, si se aplican cargas eléctricas, comienza a producirse una deformación de las caras de forma idéntica a cuando se les aplicó una carga mecánica. El efecto se produce por el desplazamiento de los iones en el material piezoeléctrico. Cuando se produce la compresión, los iones se desplazan provocando una polarización eléctrica y produciendo una diferencia de potencial eléctrico entre las caras del material.

En su interior se encuentra una membrana de material cerámico (silicio) que tiene insertadas cuatro resistencias de medición, que están en equilibrio por un **puente de Wheatstone** (figura 4.63). Las resistencias de medición R_1 y R_2 están dispuestas sobre el chip de silicio (2) de tal forma que al deformarse la membrana (1) aumenta la resistencia de dos de las resistencias de medición, a la vez que disminuye la misma en las dos restantes. Mediante el puente resulta una tensión de medición más alta que al evaluarse solamente una resistencia individual. El puente de Wheatstone permite obtener así una alta sensibilidad.

1 Membrana
2 Chip de silicio
3 Vacío de referencia
4 Vidrio (Pirex)
P Presión en el tubo de admisión
U_0 Tensión de alimentación
U_A Tensión de medición
Resistencias de medición: R_1 (comprimido) y R_2 (extendido)

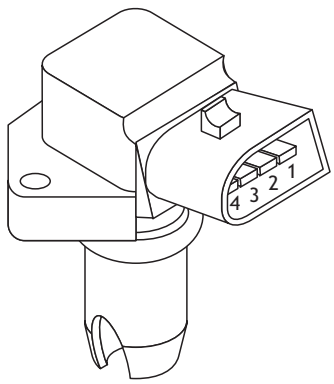


4.63. Esquema interno de un sensor de presión absoluta.

Ubicación del sensor MAP

En las series de Seat Ibiza, Toledo, Alhambra e Inca salidas hasta julio de 1994, el sensor MAP se encontraba separado de la centralita y, a partir de esa fecha, se integra en el interior de la centralita.

1 Masa
2 Temperatura del aire
3 Alimentación
4 Señal

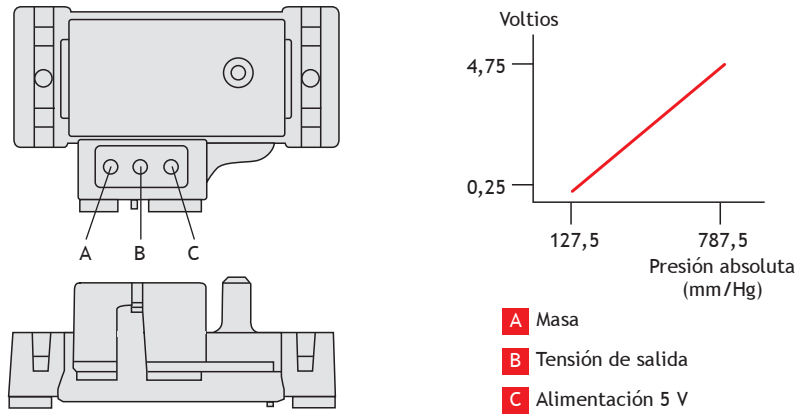


4.62. Sensor de presión absoluta de 4 cables.

Elementos piezoeléctricos

La piezoelectricidad es una característica física de algunos materiales (cristales, cerámicas) que consiste en desarrollar una diferencia de potencial eléctrica entre las dos caras del material cuando este es sometido a esfuerzos de tipo mecánico en una determinada dirección.

Es alimentado en 5 V por el calculador y envía, en retorno, una tensión proporcional a la presión medida (figura 4.64). Esta información transmitida al calculador permite adaptar el caudal inyectado a los diferentes estados de carga del motor y a las diferencias de altura.

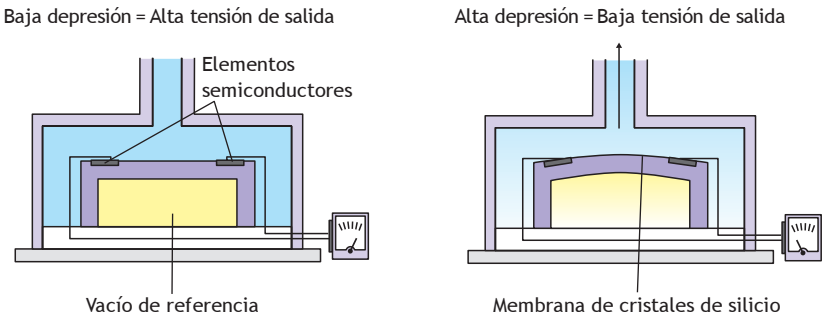


4.64. Conexiones externas y señal de un sensor de presión absoluta de tres cables.

Las resistencias de la membrana son de **tipo extensiométrico**, cuya resistencia eléctrica varía ante cualquier deformación de la membrana. El vacío de referencia se utiliza para la comparación de presiones.

La membrana se deforma según la intensidad de la presión en el colector de admisión (figura 4.65), con lo cual varía la resistencia y se produce una tensión variable de las señales. Con ayuda de esta tensión de las señales, la unidad de control del motor detecta la presión que está dada en el colector de admisión.

Cuando el **motor está parado**, pero con el contacto encendido, la membrana adopta una determinada deformación, en función de la presión atmosférica que reciba que, a su vez, estará en relación a la altitud a la que se encuentre el vehículo. Cuando el **motor se pone en marcha**, en el colector de admisión se genera una depresión que provoca la deformación de la membrana, originando una variación de la tensión de salida que es enviada a la centralita.

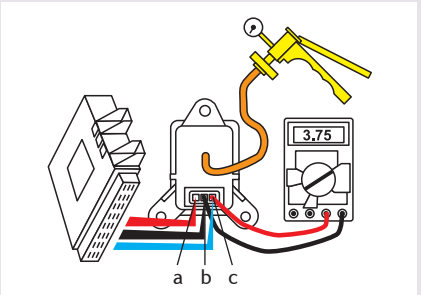


4.65. Deformación sufrida por la membrana de un sensor de presión absoluta en función de la carga.

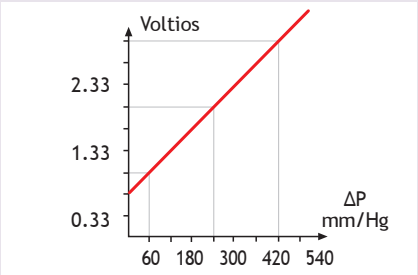
Técnica

Comprobaciones de un sensor de presión absoluta de tres cables

- Verificar que el sensor tiene señal de corriente y de masa. Para comprobar la **tensión de entrada**, poner el multímetro en la función de voltímetro, conectar la pinza positiva en el terminal de alimentación y la pinza negativa a masa. Girar la llave del encendido. La tensión debe ser de 5 V, salvo que los datos del fabricante indiquen otra cosa.
- Para comprobar la **señal de masa**, poner el multímetro en la función de ohmímetro, conectar la pinza positiva en el terminal de masa y la pinza negativa, a masa. La resistencia que debe marcar tiene que ser 0 Ω.
- Por último, comprobar el **funcionamiento del sensor** utilizando una bomba de vacío o un vacuómetro y un multímetro.
- Si se emplea una bomba de vacío, se debe seguir la siguiente secuencia (figura 4.66):
  - Conectar la bomba de vacío al sensor.
  - Conectar la pinza positiva del voltímetro en el terminal b y la pinza negativa al terminal c. Es importante utilizar los conectores adecuados para no dañar los terminales o deformarlos.
  - Conectar el encendido. La tensión que debe marcar es aproximadamente de 4 V.
  - Actuar sobre la bomba de vacío y producir una depresión de 480 mm/Hg. La tensión que debe marcar es de aproximadamente de 1,1 a 1,2 V, según modelo (figura 4.67).



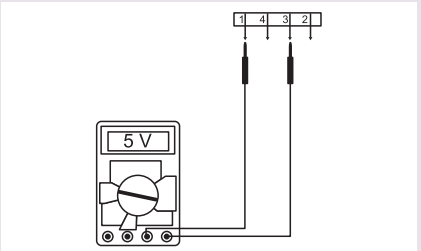
4.66. Método de comprobación del MAP.



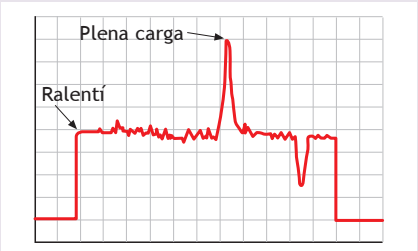
4.67. Gráfica ejemplo de la tensión de un sensor MAP.

Comprobación de un sensor de presión absoluta de 4 cables

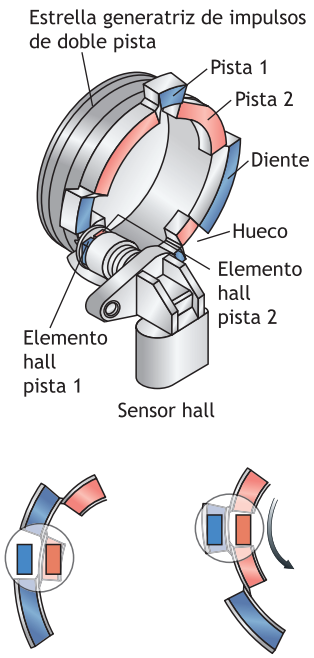
- Comprobar la **tensión de alimentación**, siendo su valor más común de 5 V. Para ello, medir sobre el conector del sensor desconectado de la instalación eléctrica y con el contacto dado, pines 1 y 3 (figura 4.68).
- Comprobar la **tensión de salida** con el motor en marcha y con el sensor conectado a la instalación eléctrica. El resultado a ralentí será de 1,3 a 1,9 V, y a plena carga, de 4,0 a 4,5 V. Así mismo, obtener la señal sobre un osciloscopio, pines 1 y 4 (figura 4.69).



4.68. Comprobación de la tensión de alimentación.



4.69. Oscilograma de un sensor MAP de cuatro terminales.



4.70. Sensor hall y rueda generatriz de arranque rápido.

Sensor de posición del árbol de levas de tipo hall

Este tipo de sensores, también denominados **sensores de fase**, suministran a la unidad de control información sobre si un pistón del motor que se mueve hacia el PMS se encuentra en el tiempo de **compresión o en el de escape** (generalmente cilindro 1). Estos sensores se utilizan principalmente en la **inyección de tipo secuencial sincronizado** en la que la inyección de combustible se realiza de forma secuencial para cada cilindro durante la fase de admisión y, por tanto, la centralita necesita de una señal de fase, además de la señal de rpm y PMS para determinar el punto de inyección.

Los sensores están enfrentados a la **rueda generatriz de impulsos** o la rueda de arranque rápido, fijada al árbol de levas. Con la señal que genera permite que la unidad de control del motor pueda **identificar más rápidamente la posición en la que se encuentra el árbol de levas con respecto al cigüeña**l y, conjuntamente con la señal del transmisor de régimen del motor, puede inicializar más rápido el ciclo de arranque del motor.

En los sistemas con **rueda generatriz con un solo diente** se podía iniciar la primera combustión al cabo de un ángulo de cigüeñal de aproximadamente 600–900° (aproximadamente 3 vueltas de motor). Con la **rueda generatriz de impulsos para arranque rápido**, la unidad de control del motor ya detecta la posición del cigüeñal con respecto a la del árbol de levas al haberse movido el cigüeñal unos 400–480°. De esa forma es posible iniciar más temprano la primera combustión y el motor arranca más rápidamente.

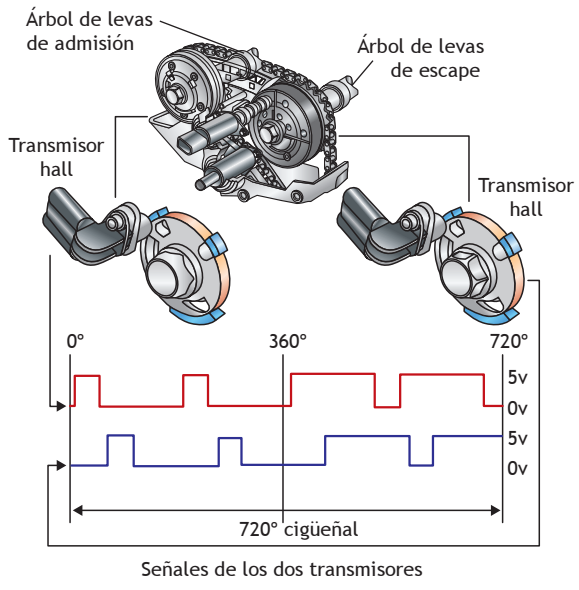
La rueda generatriz de impulsos para arranque rápido consta de una **rueda de doble pista contiguas y un sensor hall** (figura 4.70). La rueda está diseñada de forma que en el sitio en que una pista presenta un hueco, la otra posee un diente.

La unidad de control compara la señal del sensor de fases con la señal de marcas de referencia, detectando así en qué tiempo del ciclo de trabajo se encuentra el cilindro analizado.

- Señal de fase baja = Tiempo de compresión
- Señal de fase alta = Tiempo de escape

Por tanto, con la señal del transmisor de régimen del motor se puede iniciar de esa forma la inyección al cabo de aproximadamente 440° de ángulo del cigüeñal.

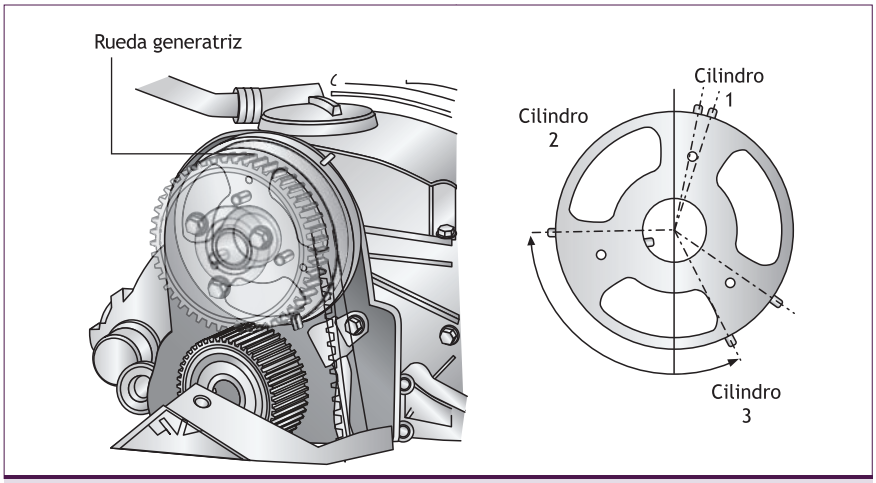
En **motores con doble árbol de levas en cabeza se utilizan dos sensores de tipo hall** que están situados en la tapa superior de la distribución y enfrentados cada uno de ellos a una rueda generatriz con varios dientes que giran solidarias a los árboles de levas (figura 4.71). Cada sensor se compone de dos pastillas hall, que toman lectura de dos zonas diferenciadas de la corona. Este modo de funcionamiento permite el análisis exacto de los flancos de la corona.



4.71. Sensores de fase de tipo hall y rueda generatriz de arranque rápido para motores con doble árbol de levas en cabeza.

La UCE utiliza la señal de los sensores de fase junto con la señal del sensor de régimen para **sincronizar la inyección**. Al mismo tiempo comprueba el **correcto funcionamiento y ajusta la distribución variable.**

En caso de **avería de los dos transmisores hall** y con el motor en marcha, este funcionará correctamente. Pero si el fallo se produce antes del arranque, la unidad realiza la inyección y el encendido basándose **únicamente en el sensor de régimen**, lo que puede implicar dificultad en el arranque y un desfase en la sincronización de la inyección. En esta situación, y como sistema de seguridad, la unidad atrasa el ángulo de encendido 15°. Por otro lado, la **avería de uno de los dos transmisores** implica que la unidad no puede controlar el sistema de distribución variable y lo desactiva trabajando siempre en posición básica.



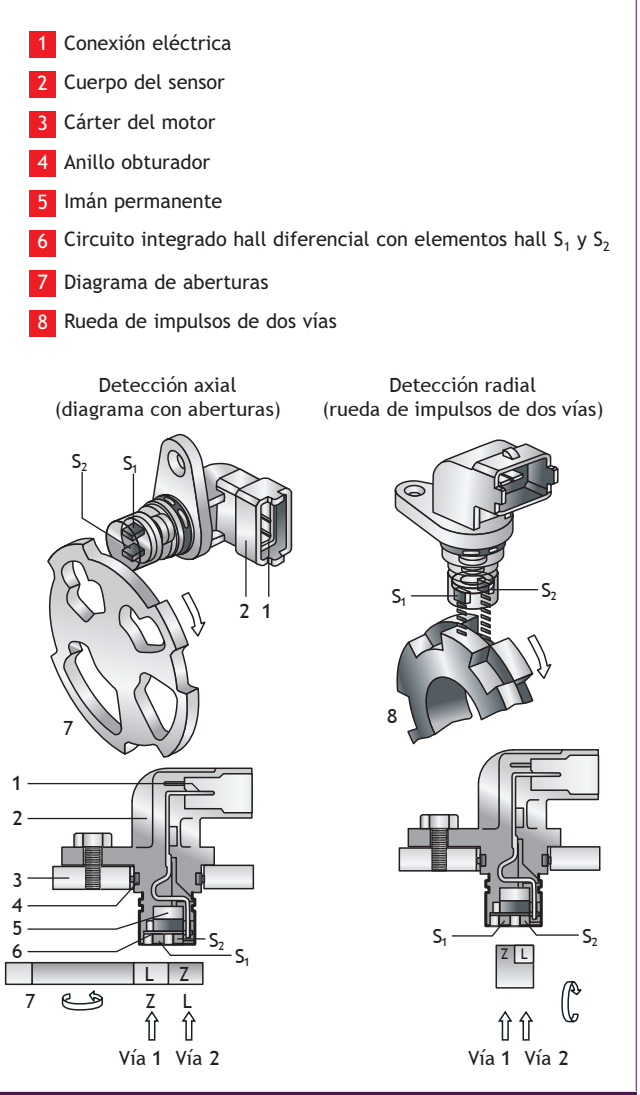
4.72. Rueda generatriz de cinco dientes.

Otro sistema parecido al anterior es el que dispone de un sensor hall que explora una **rueda generatriz que dispone de cinco dientes fijada a la polea del árbol de levas (figura 4.72)**.

La rueda generatriz dispone de un diente para identificar la fase de compresión del cilindro 2; decalados a 120° se encuentran dos dientes para reconocer la fase de compresión del cilindro 3 y a 240° otros dos más para el cilindro 1. Entre los dientes de los cilindros 1 y 3 existen distancias respectivamente distintas que permiten reconocer la fase de compresión correspondiente a cada uno de ellos.

La señal del sensor hall es utilizada por la UCE durante el arranque del motor. La unidad detecta mediante la señal del sensor las fases de compresión de cada uno de los cilindros.

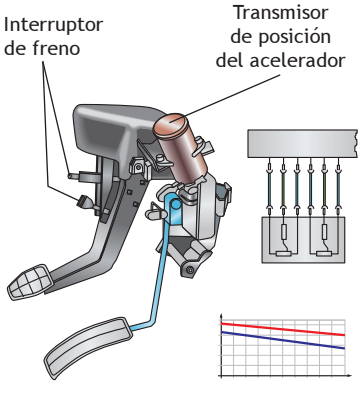
En algunos vehículos de altas prestaciones en donde las exigencias de precisión son muy elevadas podemos encontrar **sensores de fase de tipo diferencial** (figura 4.73) que disponen de dos elementos hall desplazados en los sentidos radial y axial en el espacio (S_1 y S_2) y de una rueda generatriz de doble vía de forma que genere una señal opuesta en ambos elementos hall. Estos suministran una señal de salida proporcional a la diferencia de la densidad de flujo entre los dos puntos de medición.



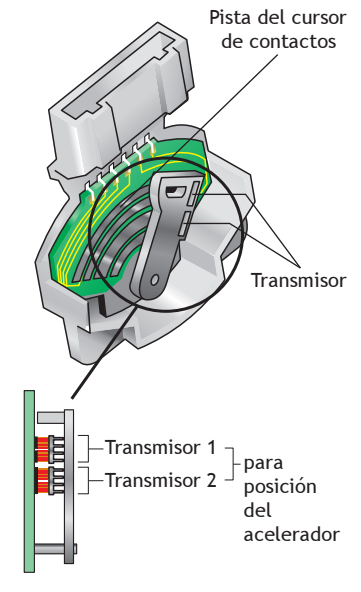
4.73. Sensores de barra hall diferenciales.

Mejoras del sistema de sensores

En el sistema ML 4-1 se incorpora un potenciómetro del acelerador que sustituye al interruptor del acelerador del sistema M1-5 permitiendo un cálculo más exacto de la carga del motor.



4.74. Ubicación y señal de transmisor de posición del acelerador de dos potenciómetros.



4.75. Esquema interno de transmisor de posición del acelerador.

Transmisor de posición del acelerador

Este tipo de sensor se utiliza en los vehículos con acelerador electrónico con caja de mariposa motorizada. Mediante este sistema se suprime todo el sistema de unión mecánica. En este sensor por motivos de seguridad se **utilizan dos potenciómetros integrados en un único conjunto** situado encima del pedal del acelerador. La señal de ambos potenciómetros es utilizada para determinar la **posición del pedal del acelerador** con la finalidad de conocer los deseos del conductor. Una unión flexible se encarga de transmitir el movimiento del pedal del acelerador hacia el eje que acciona los cursores de los potenciómetros.

La variación de resistencia de los potenciómetros es lineal respecto al movimiento del pedal del acelerador, existiendo una diferencia de resistencia fija entre las dos señales (figura 4.74).

Los potenciómetros son eléctricamente independientes, disponiendo ambos de alimentación y señales de salida exclusivas para cada uno (figura 4.75).

En caso de fallo de uno de los potenciómetros, la unidad trabaja con la señal emitida por el otro potenciómetro, y se ilumina el testigo de avería. Por motivos de emergencia y mediante un programa de emergencia, la potencia del motor queda limitada a un máximo del 40%. En caso de fallo de las dos señales el motor arrancará, pero permanecerá al ralentí.

Sensor de posición del acelerador por bobinas

Este sensor sustituye al sensor de posición mediante potenciómetros eliminando el posible desgaste que pueden sufrir estos con el paso del tiempo. Su señal, al igual que en los anteriores sistemas, es utilizada para detectar la solicitud de carga deseada por el conductor.

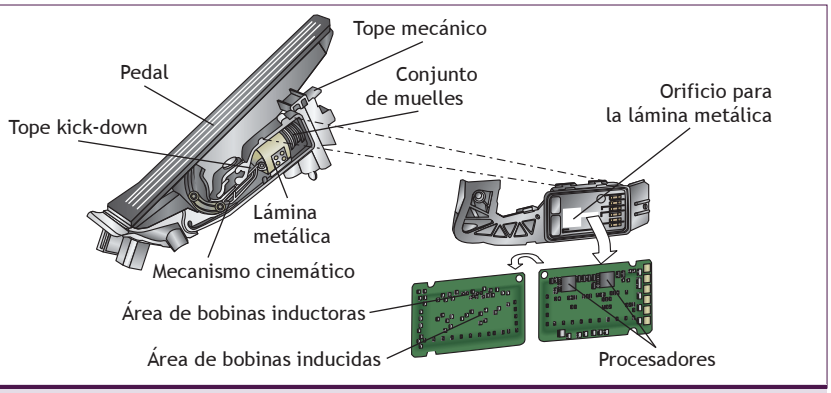
Está integrado en el módulo del pedal del acelerador, el cual está compuesto por el propio pedal, un conjunto de elementos de transmisión del movimiento y el sensor de posición del pedal. Los elementos de transmisión del movimiento son una **lámina metálica de desplazamiento lineal**, accionada por un mecanismo cinemático que la mueve según la posición del pedal.

El sensor está formado por dos sensores que funcionan de forma independiente y la lámina metálica. Cada sensor está formado por una **bobina inductora y tres inducidas, así como una electrónica de evaluación y control** (figura 4.76).

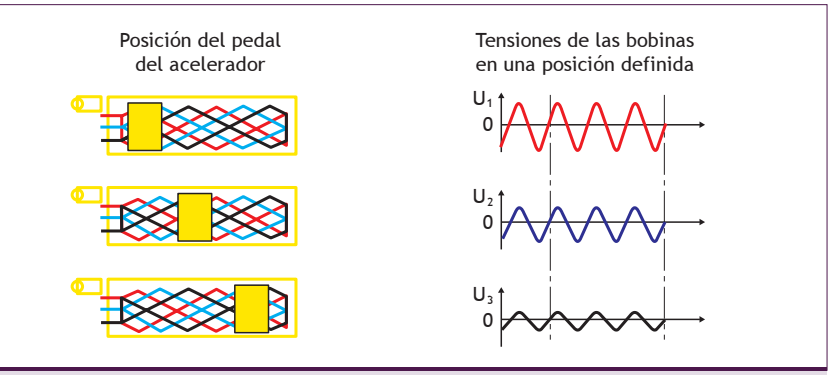
Las **bobinas inductoras son rectangulares**; en su interior están las **inducidas**, que presentan una **geometría romboidal y están desfasadas entre sí** (figura 4.77).

La inexistencia de contacto físico entre los componentes del sensor evita el desgaste y asegura la fiabilidad del mismo.

Por la **bobina inductora** circula una corriente alterna que genera un campo magnético que atraviesa las bobinas inducidas. En la zona donde está la lámina el campo magnético aumenta; debido a la diferente posición de las bobinas, en cada una se induce un campo de distinto valor.



4.76. Constitución del transmisor de posición del acelerador por bobinas.

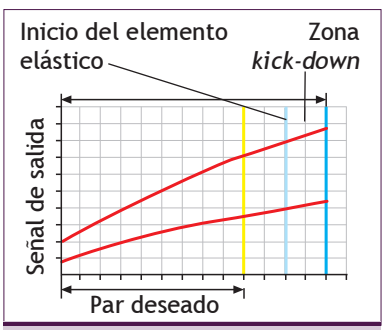


4.77. Señal de transmisor de posición del acelerador por bobinas en diferentes posiciones de pedal.

El valor del campo magnético también cambia debido a la geometría variable del hueco de la carcasa del transmisor entre la lámina y las bobinas.

Los procesadores evalúan estos valores determinando, por la distribución de tensiones en las diferentes bobinas, la posición de la lámina metálica y atribuyendo a cada posición un valor de tensión para la señal de salida del sensor. Las señales de salida son análogas a las que emitían los sensores conocidos hasta ahora (figura 4.78).

También se detecta la **posición de reposo** del pedal para la regulación del ralentí y el **punto tope de *kick-down***.

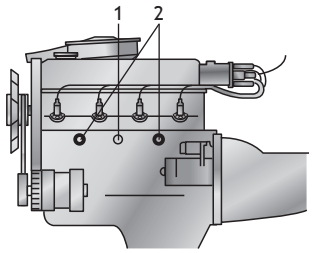


4.78. Señales de mando de un transmisor de posición de acelerador por bobinas.

>> Actividades propuestas

3·· Obtén mediante osciloscopio la señal de voltaje de los potenciómetros de un acelerador electrónico, mostrando en la gráfica la posición de ralentí y plena carga.

1 El sensor de denotación está entre el 2° y 3° cilindro
2 Si existen montados dos sensores estos se encuentran entre dos grupos de cilindros



4.79. Situación de los sensores de picado en el bloque motor.

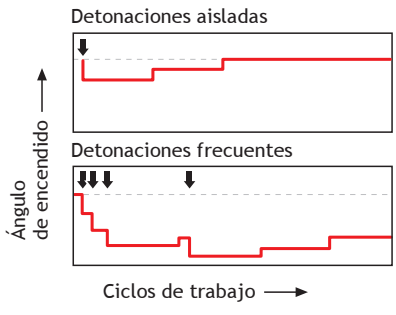
Sensor selectivo de picado

Este captador es de tipo piezoeléctrico y está montado en el bloque motor (figura 4.79). Permite detectar el picado, fenómeno vibratorio debido a una **inflamación detonante** de la mezcla en la cámara de combustión.

El calculador, después de la recepción de la señal correspondiente al picado, procede a una disminución del avance de encendido de los cilindros afectados a partir de una tabla definida en calibración. De la misma manera, se aplicará un enriquecimiento proporcional a la disminución de avance para evitar temperaturas de escape demasiado elevadas.

Un sistema más avanzado es la **regulación de picado** selectiva por cilindros, que solo trabaja cuando el motor ha alcanzado una temperatura del líquido refrigerante (aproximadamente 60 °C) y la carga a la que está sometido el motor supera un valor determinado (aproximadamente 40%).

En función de este valor se adoptarán diferentes curvas de corrección del ángulo de encendido en caso de picado, adaptándose perfectamente de esta manera al funcionamiento del motor en cada condición de trabajo (figura 4.80).



4.80. Curvas de regulación de la detonación.

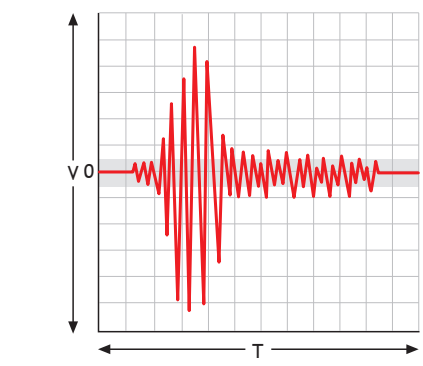
>> Casos prácticos

Comprobación del sensor de picado

·· Verifica el funcionamiento del sensor de detonación mediante la generación de la señal obtenida por medio de un osciloscopio.

Solución ··

- Conecta las sondas de prueba del osciloscopio entre el terminal del módulo de control del motor del sensor de detonación y masa.
- Comprueba que el motor está a la temperatura normal de funcionamiento.
- Abre la mariposa brevemente.
- La forma de onda debe mostrar una señal de corriente alterna con un aumento de amplitud considerable (figura 4.81).
- Si esta señal no aparece de forma clara, golpea ligeramente el bloque motor en la zona del sensor.
- Si la señal sigue sin ser satisfactoria, significa que existe un fallo del sensor o del circuito correspondiente.



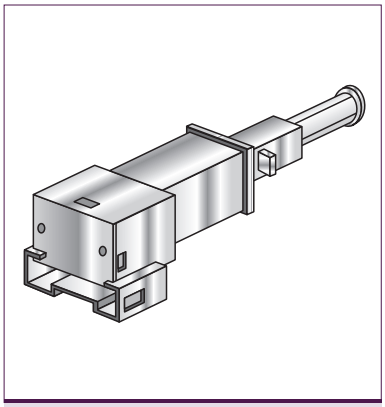
4.81. Señal del sensor de picado con detonación.

Interruptor del pedal de freno e interruptor de luz de pedal de freno

El sistema consiste en dos interruptores de freno integrados en un mismo conjunto, situados en el soporte de la pedalería. **En reposo**, los contactos del interruptor de freno están cerrados, mientras que los del interruptor de luces permanecen abiertos.

El interruptor de freno (figura 4.82) está conectado en serie con el interruptor de embrague interrumpiéndose la señal de positivo hacia la unidad de control al accionar el pedal de freno o del embrague.

El conmutador de pedal de freno se utiliza, para efectos de seguridad, como un segundo transmisor de información para la unidad de control del motor. La señal de freno accionado produce la desactivación del programador de velocidad.



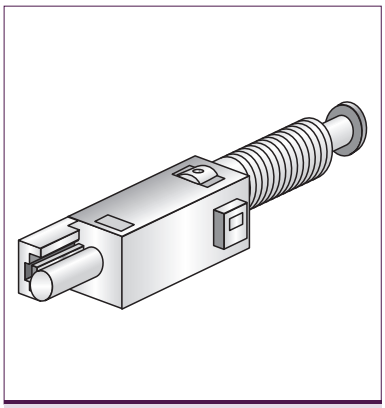
4.82. Interruptor del pedal de freno.

Interruptor del pedal de embrague

El interruptor del embrague (figura 4.83) está situado en el soporte de la pedalería, justo encima del pedal del embrague.

Los contactos del interruptor están cerrados con el pedal de embrague en reposo. El interruptor corta la señal de positivo hacia la unidad de control al accionarse el pedal del embrague.

En algunos vehículos se está sustituyendo el interruptor por un sensor hall situado sobre el bombín de embrague, que consta de un imán ubicado en el extremo del émbolo del bombín. Cuando el pedal está en posición de reposo, el sensor emite una señal de tensión de batería. Al presionar el pedal de embrague, el imán se desplaza situándose sobre el sensor. En este caso la señal de salida es de 0 V.



4.83. Interruptor del pedal de embrague.

Transmisor de temperatura del aceite

La señal del sensor de temperatura del aceite de motor se emplea para calcular los intervalos de servicio (campo de aplicación −40 a +170 °C).

Transmisor de altitud

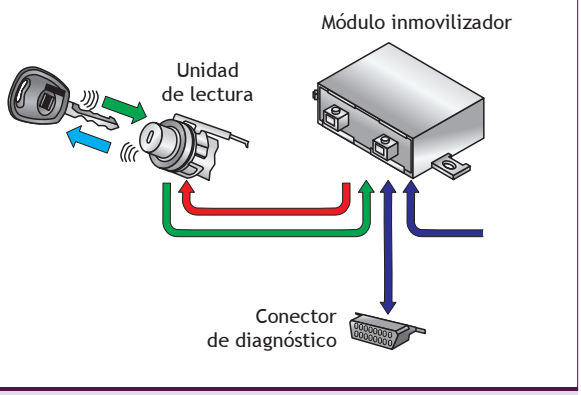
El sensor de la presión barométrica absoluta se monta en algunos vehículos para dar una información de la presión barométrica absoluta a la UCE para que esta modifique la alimentación de combustible y el avance del encendido cuando el vehículo se utiliza en determinadas altitudes para ayudar a mantener tanto el rendimiento del motor como la economía de consumo de combustible.

La UCE suministra al sensor una señal de referencia de 5 V. Como la presión atmosférica ejercida sobre el sensor cambia, la señal de salida del sensor también cambia. Esta señal de salida del sensor es una onda cuadrada con una frecuencia que varía de 160 Hz a nivel de mar a un mínimo de 90 Hz a gran altitud.

Inmovilizador electrónico

El inmovilizador es un equipo cuya función es **inmovilizar el vehículo**, siempre que la persona que intenta efectuar la puesta en marcha del mismo no posea una de las llaves programadas para ese vehículo.

La activación, al igual que la desactivación del sistema inmovilizador, es totalmente automática, sin que el conductor aprecie su conexión o desconexión en ningún testigo o componente. Los componentes del inmovilizador son (figura 4.84):



4.84. Inmovilizador electrónico.

- La unidad de control para el inmovilizador, que está integrada en el cuadro de instrumentos.
- Testigo luminoso en el cuadro de instrumentos.
- Bobina de exploración en la cerradura de contacto.
- Llaves de contacto adaptadas.
- Unidad de control del motor.

La unidad de control bloquea la puesta en marcha del motor en caso de no recibir un código de autorización desde el inmovilizador electrónico. Y, por el contrario, la desactivación del sistema inmovilizador se produce cuando la llave es introducida en el conmutador de arranque, ya que es una de las llaves programadas para ese vehículo.

En caso de avería del inmovilizador o de la conexión eléctrica no será posible el arranque del motor.

Al conectar el encendido, el **transpondedor** en la llave transmite el código fijo a la unidad de control del inmovilizador. Si el código se detecta como correcto, en la unidad de control del inmovilizador se genera un código variable, que se transmite al transpondedor. En el transpondedor y en la unidad de control se inicia una operación matemática secreta, basada en una tabla de fórmulas. El resultado de la operación matemática se analiza en la unidad de control. Si los resultados coinciden, significa que se ha detectado la llave correcta del vehículo.

Después de ello, la unidad de control del motor transmite un código variable a la unidad de control del inmovilizador. La unidad de control del motor posee una tabla de fórmulas, que también está implementada en la unidad de control del inmovilizador, según la cual se transforma el código variable en un código secreto. Aparte de ello, en la función de adaptación del inmovilizador se inscribe en las unidades de control el resultado de la consulta de la llave, **el PIN (número de identificación personal) del inmovilizador, el número de identificación de la unidad de control para inmovilizador, así como el número de chasis**. Si se comprueba concordancia en todos estos datos, se pone el vehículo en disposición funcional. En virtud de que las operaciones matemáticas secretas trabajan con un código variable que siempre se vuelve a generar nuevo, no es descifrable dicho código, no siendo tampoco posible copiar la llave del vehículo.

>> Actividades propuestas

4·· Realiza la programación de llaves y de la unidad de inmovilizador con el equipo de diagnosis destinado a tal efecto.

Regulador de velocidad

Mediante este sistema la unidad de control **regula la velocidad del vehículo mediante el control de la apertura de la mariposa de gases** sin que el conductor actúe sobre el pedal del acelerador.

La programación se realiza mediante el conmutador del regulador de velocidad situado en la palanca de los intermitentes, siendo la velocidad mínima de programación 45 km/h (varía según vehículos). Para la programación del regulador de velocidad se debe circular primeramente con el vehículo a la velocidad deseada y entonces, con el mando corredizo en posición ON, se presiona el pulsador SET.

La unidad memoriza en ese instante la velocidad del vehículo y además ya queda activo el regulador de velocidad.

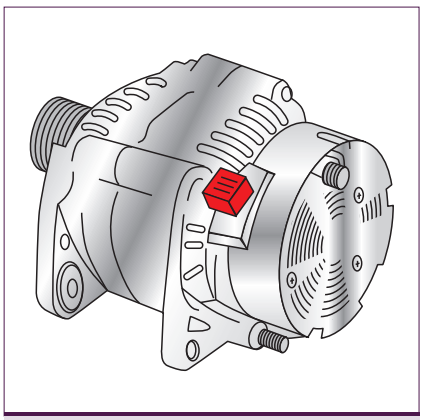
Si la velocidad seleccionada no es la deseada es posible su modificación. Para aumentar la velocidad se debe posicionar el mando corredizo en posición RES hasta alcanzar la velocidad requerida; en caso de que se desee reducir presionaremos el pulsador SET. Al alcanzar la velocidad deseada la unidad de control dejará activo el regulador y mantendrá constante la velocidad.

La **activación** del regulador solo se puede realizar si previamente se ha programado un valor de velocidad. Es posible activarlo de dos maneras, bien al programar nuevamente un valor de velocidad, o al mantener el mando corredizo en la posición RES durante un segundo y soltarlo.

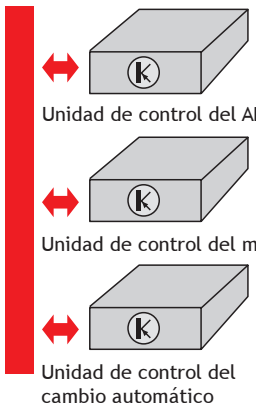
La **desactivación** del regulador de velocidad se realiza automáticamente al pisar el pedal del embrague o del freno. Igualmente es posible la desconexión del regulador mediante el mando corredizo, al colocarlo en la posición OFF.

Señales suplementarias o de servicios

- **Borne +/DF del alternador.** La señal del borne +/DF es cuadrangular y de frecuencia y proporción de periodo variable. La unidad analiza la señal reconociendo así la carga eléctrica a la que está sometido el alternador. La unidad reconoce mediante esta señal el par motor que absorbe el alternador y lo compensa abriendo la mariposa con el acelerador electrónico (figura 4.85).
- **Señal de conexión del aire acondicionado.** Existen dos tipos de señales para el reconocimiento de la conexión del aire acondicionado. Una señal es positiva y proviene del mando de activación del aire acondicionado, informando a la unidad de control de motor que la conexión del compresor se puede producir en cualquier momento. Y la otra señal es un positivo que proviene de la unidad de control



4.85. Ubicación del borne +/DF del alternador.



4.86. Esquema de una línea CAN-Bus.

de aire acondicionado que indica el momento en que se realiza la conexión del compresor. Ambas señales son procesadas por la unidad de control para la función de estabilización de ralentí.

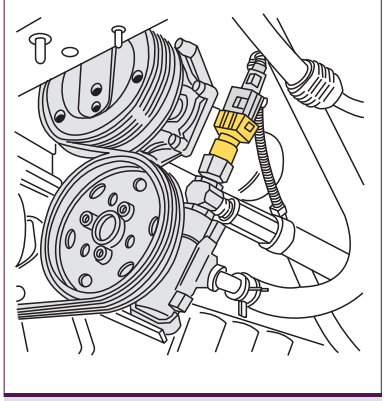
– **Señales para cambio automático y ABS.** La unidad de control del motor está comunicada con la unidad de control del cambio automático y ABS mediante la línea CAN-Bus (figura 4.86). La información transmitida por esta línea es la siguiente:

- Régimen del motor.
- Ángulo de apertura de la mariposa.
- Posición de la palanca selectora.
- Momento del cambio de marcha.

La información de régimen y ángulo de apertura de mariposa es enviada por la unidad de control de motor hacia la unidad del cambio automático para determinar la estrategia que se va a seguir en los cambios de marcha. La información de posición de la palanca selector y momento del cambio de marcha es enviada por la unidad de control del cambio automático hacia la unidad de control de motor, para las funciones de estabilización de ralentí y control del avance de encendido.

– **Manocontacto de la servodirección.** El manocontacto se encuentra a la salida de la bomba de la servodirección (figura 4.87).

Los dos terminales del manocontacto van directamente conectados a la unidad de control. Cuando la bomba genera un valor de presión superior a los 40 bar, el manocontacto cierra sus contactos, detectando la unidad el aumento de carga al que está sometido el motor debido al trabajo de la servodirección.



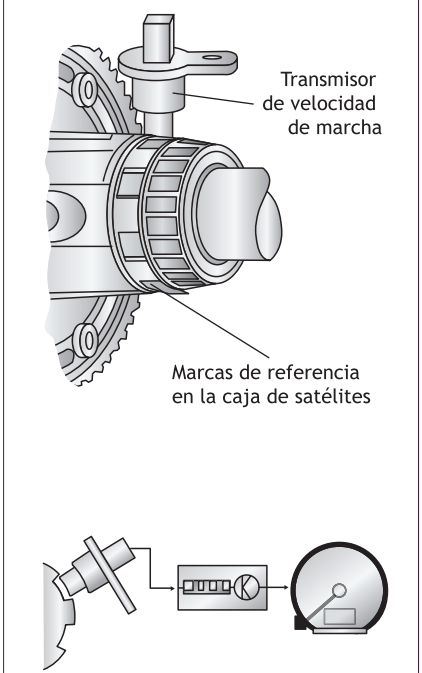
4.87. Manocontacto de la servodirección.

La unidad utiliza esta señal para mejorar la estabilización de ralentí; para ello, provoca una mayor apertura de la mariposa de gases y evita una caída del régimen al aumentar la presión de trabajo de la servodirección.

Velocidad del vehículo

La impulsión del velocímetro se realiza sin etapas mecánicas intermedias. La información necesaria para la velocidad de marcha se capta en forma de régimen de revoluciones, directamente en la caja de satélites, empleando para ello el transmisor de velocidad de marcha (figura 4.88).

La caja de satélites posee marcas de referencia para la exploración: son 7 segmentos realzados y 7 rebajados. El transmisor trabaja según el principio de efecto hall.



4.88. Ubicación del transmisor de velocidad de marcha.

Señales de servicios multiplexadas

La electrónica aplicada al automóvil ha evolucionado en los últimos años enormemente para conseguir incrementar de forma sustancial el nivel de seguridad, de confort y de control de la contaminación y consumo de carburante. Sea cual sea la función que se va a controlar electrónicamente, el proceso siempre se compone de las mismas fases:

- Leer el valor de la variable que se va a controlar y convertirlo en señal eléctrica (dato). Esta labor la realizan los sensores o captadores.
- Hacer llegar los datos a los calculadores. El transporte de datos se hace a través de la instalación eléctrica, cuya manifestación más sofisticada es la red multiplexada.
- Los calculadores analizan los datos, añaden sus cálculos y elaboran nuevos datos para enviar a la red y generan las órdenes necesarias para que los actuadores modifiquen la variable que se va a controlar.
- Los actuadores reciben las órdenes de los calculadores a través de la instalación eléctrica.

Antiguamente los sistemas electromecánicos eran completamente independientes. Se alimentaban de una misma fuente de energía, la batería. Incluso a veces una misma función precisaba de dos captadores. Por ejemplo, la temperatura del agua del motor se indicaba a través de un sensor de temperatura y la alerta se hacía por medio de un termocontacto.

En los vehículos modernos se tiende a que sea **un solo captador el que se encargue de una determinada señal**. A veces, para hacer más seguro su funcionamiento, se duplican de tal forma que si uno falla el sistema avisa al conductor de que existe un fallo, pero sigue funcionando con la señal del otro captador. Lo mismo ocurre con algunos controladores o unidades de control. Con esta simplificación no solo se ahorran captadores sino también hilos en la instalación.

No obstante, **la misma señal la pueden utilizar muchos sistemas** y también ha aumentado la cantidad de sistemas. El balance global es un aumento considerable de los hilos de transporte de estas señales en la instalación eléctrica. Este hecho ha obligado a los constructores a implementar en esta instalación **redes multiplexadas**, sobre todo en vehículos de alta gama que tengan automatizadas mucha funciones.

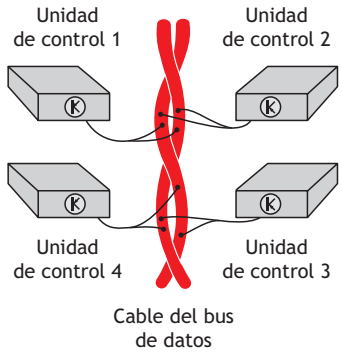
El multiplexado consiste en hacer circular varias informaciones entre diversos equipamientos por un solo canal de transmisión. El uso del multiplexado tiene las siguientes ventajas:

- Simplificación del cableado.
- Posible comunicación de los equipamientos.
- Reducción del número de captadores.

Al soporte de circulación de información, cualquiera que sea su naturaleza (cables eléctricos, fibra óptica), se le llama **BUS o RED de información.** La red es el conjunto de dispositivos electrónicos y de cableado que permite el intercambio multidireccional de informaciones (figuras 4.89 y 4.90).

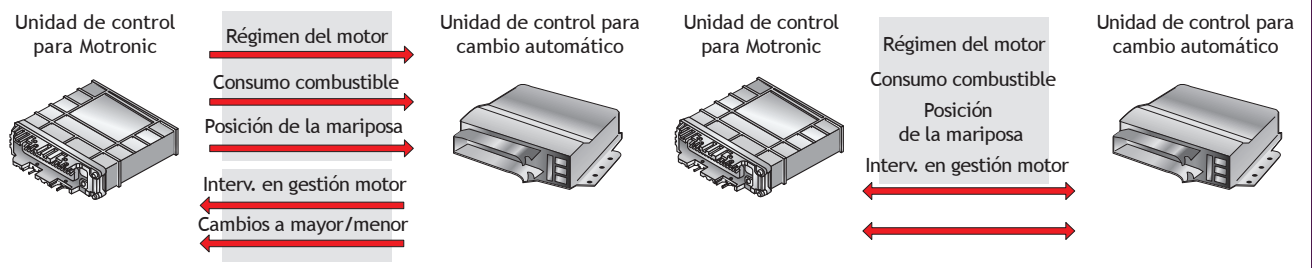
Red multiplexada

CAN (Controller Area Network) es un Bus digital inventado por Robert BOSCH en 1982 como Bus de campo. El Mercedes Clase E fue el primer coche en incorporar el Bus CAN en 1992. Está normalizado a nivel mundial, por ese motivo también las unidades de control de diferentes fabricantes pueden intercambiar datos.



4.89. Ejemplo de comunicación en la red.

Dos de los protocolos de comunicación más usados en la actualidad son el **VAN (Vehicle Area Network) y CAN (Controller Area Network).**



4.90. Ejemplo de transmisión de datos entre una red no multiplexada y una multiplexada.

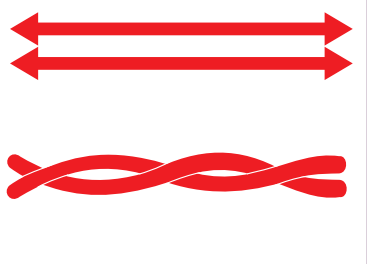
El CAN está concebido para la transmisión de mensajes cortos del **área de tracción** a alta velocidad (la unidad de control del motor, la unidad de control para cambio automático y la unidad de control ABS/ESP, entre otras) y el **área de confort** (visualización, climatización y carrocería).

El VAN se puede diferenciar en **VAN confort** (radio, climatización, navegación, etc.) y **VAN carrocería** (elevalunas, techo corredizo, alumbrado, etc.).

El protocolo CAN actualmente es el más utilizado ya que es una mejora del VAN, sobre todo en la velocidad de comunicación. Puede alcanzar 1 Mbits/s frente a los 125 kbit/s del VAN.

El CAN nace como un mecanismo para compartir información entre las UCE del vehículo, lo cual permite reducir el cableado del vehículo, reducir el número de sensores, reducir el tiempo en la detección y reparación de averías, etc., facilitando la ampliación de la electrónica en nuevas versiones y reducir el coste total.

La **forma de transmitir la información es a través de dos cables aislados** y **trenzados entre sí** (figura 4.91). Esta forma reduce las interferencias electromagnéticas pudiendo alcanzar velocidades de transmisión altas.



4.91. Cables trenzados de la red multiplexada.

La red CAN está formada por dos cables denominados CAN-High (alta velocidad) y CAN-Low (baja velocidad). La línea de CAN-Bus de tracción se basa en motivos de seguridad para la unidad de control ABS/EDS, en motivos de la gestión del encendido y de la cantidad inyectada, en el caso de la unidad de control del motor, y en motivos del confort de la conducción en el caso de la unidad de control para el cambio automático.

En definitiva, la unidad de control del motor puede recibir a través del BUS de datos las siguientes informaciones:

- De transmisor del ángulo de la dirección.
- De unidad de control para ABS/ESP.
- De cuadro de instrumentos e inmovilizador.
- De unidad de control de la servodirección electrohidráulica.
- De unidad de control del cambio automático.
- De unidad de control del airbag.
- De unidad del climatizador.

1.4 > Actuadores

A continuación se van a describir los actuadores de una inyección combinada electrónica y la evolución que han sufrido.

Válvula de aire adicional de control régimen mínimo

Este tipo de válvula suministra una cierta cantidad de aire adicional mientras el motor se encuentra en la **fase ralentí**, de puesta a régimen térmico o cuando al motor se le aplica una carga adicional debido a la utilización de algún servicio (figura 4.92).

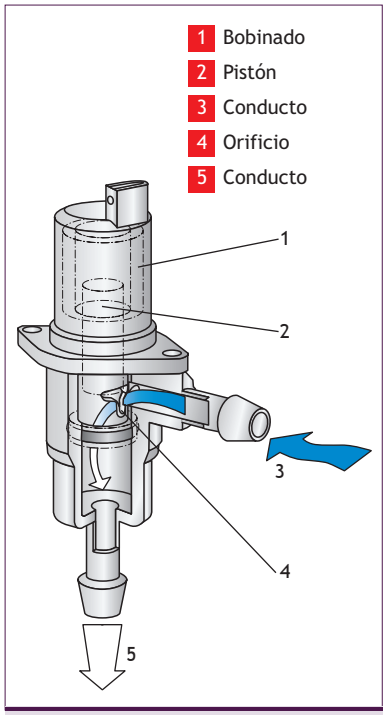
Es de tipo electromagnética que trabaja con una frecuencia variable, y actúa bajo el control directo de la unidad de mando regulando, mediante el desplazamiento de un pistón (2), un conducto de sección variable (4), permitiendo de esta forma el paso del flujo de aire (3) paralelamente a la válvula de mariposa (figura 4.93). Para regular este tipo de acción, la unidad electrónica de mando utiliza los parámetros de velocidad angular del motor y la temperatura del líquido refrigerante provenientes de los respectivos sensores.

La unidad de mando controla la excitación del bobinado (1) regulando, en consecuencia, el desplazamiento del pistón (2). Este último varía la sección de la apertura del orificio (4) de forma tal que el aire que entra por el conducto (3) proveniente del filtro de aire puede pasar en mayor o menor cantidad, según el aire libre de la apertura del orificio (4), y alcanzar a través del conducto (5) el colector de admisión. Esta válvula actúa también durante los periodos de desaceleración.

La **comprobación de la electroválvula** se efectuará teniendo en cuenta los siguientes pasos:

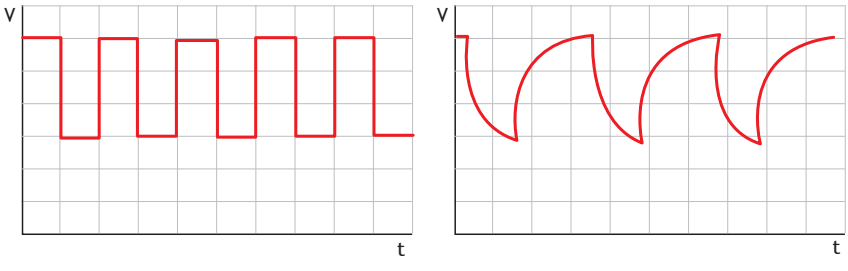
- Verificar la continuidad de los cables desde el conector hasta la unidad de control.
- Previa desconexión del conector de la electroválvula y mediante un polímetro, comprobar la resistencia de la misma, aproximadamente de 10 Ω (figura 4.94).
- Verificar por medio de un osciloscopio conectado al conector de la electroválvula la tensión y el tiempo de trabajo (figura 4.95).

4.92. Electroválvula de control de régimen mínimo.

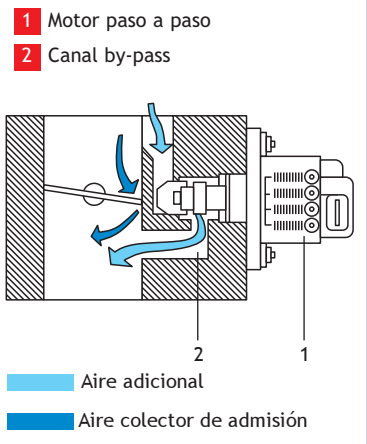


4.93. Electroválvula de aire adicional de control de régimen mínimo.

4.94. Comprobación de la resistencia de una válvula de aire adicional de régimen mínimo.



4.95. Diferentes señales de mando de la válvula de control de ralentí.



4.96. Forma de actuar del motor paso a paso sobre el caudal de aire.

Electroválvula de elevación de ralentí. Motor paso a paso

El motor paso a paso, o también llamado **posicionador de mariposa de marcha lenta**, sirve para la regulación del motor a régimen de ralentí y para compensar las cargas extra del motor, al igual que la válvula de aire adicional anteriormente vista. Está montado en el cuerpo mariposa y mandado, eléctricamente, por el calculador.

Al ralentí, el motor paso a paso **actúa sobre un caudal de aire en paralelo con la mariposa** (figura 4.96), realizando un desplazamiento horizontal graduando la cantidad de aire que va directamente a los conductos de admisión sin pasar por la válvula de mariposa. En otros casos el motor paso a paso actúa directamente sobre la mariposa de gases abriéndola un cierto ángulo en ralentí cuando teóricamente tendría que estar cerrada.

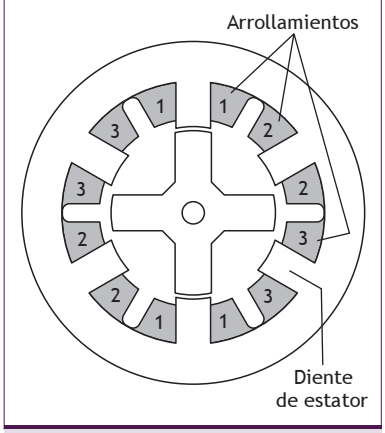
Estas son las situaciones en donde va a actuar:

- Suministrar un caudal de aire adicional al arranque en frío.
- Regular el régimen de ralentí, en función de la carga motor, de la temperatura y de su envejecimiento.
- Mejorar las fases transitorias aumentando el número de pasos fuera de ralentí con el fin de tener un retorno a ralentí sin tirones.
- Informar al calculador de la posición de la mariposa al ralentí para que corte la inyección en fase de deceleración.

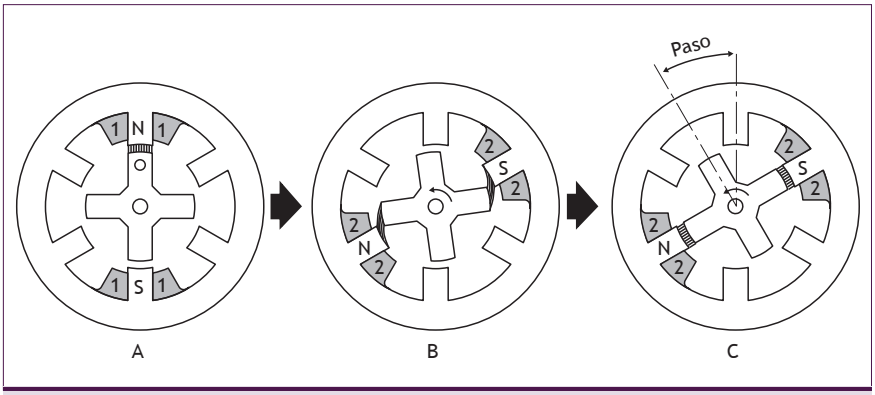
Se caracteriza por los **movimientos a saltos regulares**. Cada salto corresponde a un ángulo de rotación preciso que define el **paso**. Este motor de velocidad gradual se compone de un estator con un número de polos siempre par que hacen de núcleo a otras tantas bobinas (figura 4.97). La conexión de las bobinas puede tener dos, tres, cuatro o más fases. El rotor presenta un número de dientes diferente del número de polos del estator pero, de todos modos, siempre de orden par.

En la figura 4.98 se muestra como, excitando la fase 1 y sucesivamente la fase 2, el rotor lleva a cabo un ángulo bien definido:

a) La bobina 1 se excita y el rotor alinea dos de sus dientes con el campo magnetizante.
b) La bobina 1 se desactiva, la bobina 2 se excita y el rotor tiende a girar alineando los dientes más próximos con los polos de la fase 2.



4.97. Motor paso a paso de tres bobinas.



4.98. Funcionamiento del motor paso a paso de tres bobinas. Ejecución de un paso.

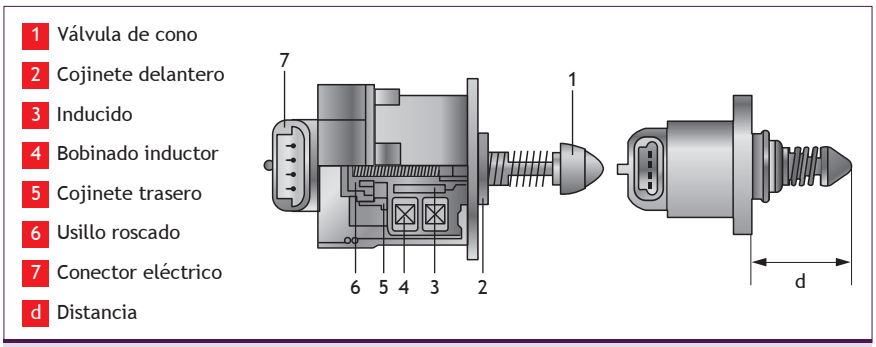
c) El rotor ha realizado un ángulo bien definido y dos de sus dientes se alinean con el campo magnético del estator.

Al desactivar la fase 2 y pasando el impulso de alimentación a la fase 3, se obtiene un nuevo paso. El resultado es que, alimentando las fases con una determinada secuencia, se obtiene un movimiento a pasos regulares.

El número de pasos que caracteriza al motor depende del número de dientes del rotor y del estator, y no del número de cables que salen del motor.

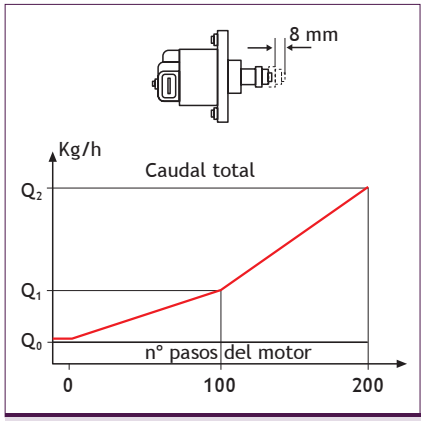
El **mando de los motores de velocidad gradual** se realiza con señales de onda cuadrada de la duración suficiente para llevar a cabo un paso.

El motor de la figura 4.99 está constituido por una aguja, un rotor, un núcleo magnético y dos bobinados alimentados a la inversa. Su rotor se desplaza en un ángulo fijo a cada impulso que recibe. Los bobinados permiten un movimiento preciso del obturador en cualquier posición. **El motor paso a paso se desplaza en un sentido o en otro en función de que sea necesario incrementar o disminuir el régimen de ralentí**.



4.99. Constitución interna del motor paso a paso.

Además su motor eléctrico se caracteriza por una elevada precisión y reducción (aproximadamente 20 rpm). Los impulsos enviados por la unidad electrónica de mando al motor paso a paso se transforman de movimiento giratorio en movimiento lineal de desplazamiento (aproximadamente 0,04 mm/paso). Por tanto, accionando el motor paso a paso se varía la sección del conducto de by-pass. El caudal de aire mínimo (Q_0) de valor constante pasa por debajo de la válvula de mariposa, que está regulada en producción, y el caudal está garantizado por un tapón de inviolabilidad. El caudal máximo (Q_2) está garantizado por la posición de máxima retracción del obturador (aproximadamente 200 pasos que corresponden a 8 mm). Entre estos dos valores el caudal de aire sigue la curva indicada en el gráfico de la figura 4.100.

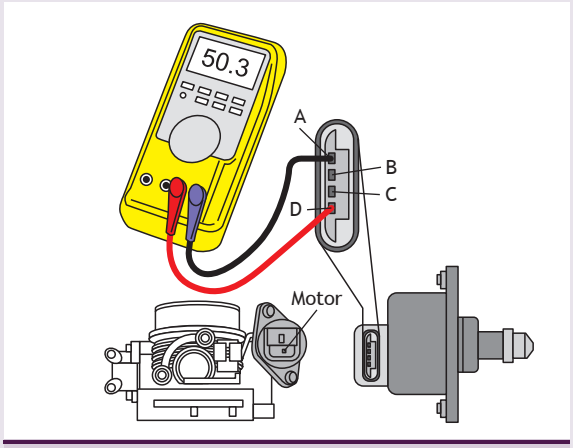


4.100. Gráfica de pasos en función del caudal de aire.

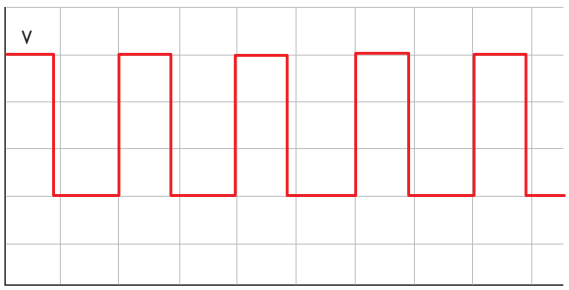
Técnica

Comprobación del motor paso a paso

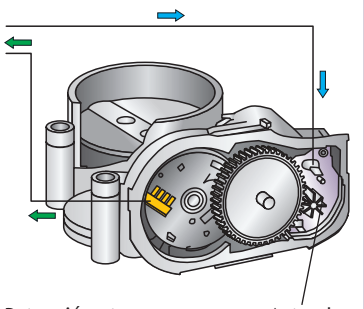
- Comprobar la continuidad de los cables, desde el conector hasta la unidad de control.
- Con el motor apagado y sin contacto, desconectar el motor.
- Comprobar la resistencia de los bobinados A-D y B-C con el polímetro, directamente sobre los bornes del motor (figura 4.101). Los resultados se comprobarán siempre con las especificaciones del fabricante.
- Comprobar el aislamiento con el motor desconectado. Esto consiste en la conexión del óhmetro para controlar que no existan contactos entre las bobinas y entre las bobinas y la masa. El óhmetro conectado entre bornes de distintas bobinas debe indicar infinito, y al conectarlo entre la masa y los bornes A, B, C y D este debe indicar igualmente infinito.
- Obtener la gráfica de tensión y el tiempo de trabajo del motor de elevación del ralentí mediante oscilos-copio. La señal obtenida es una señal cuadrada, con una tensión de pico de 12 V (figura 4.102).



4.101. Comprobación de la resistencia de las bobinas de un motor paso a paso.



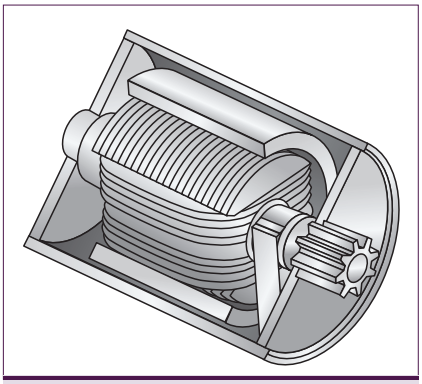
4.102. Señal de mando de un motor paso a paso.



4.103. Mariposa electrónica.

Actuador de mariposa electrónica

Está comandado por la UCE y consta de un motor de corriente continua con un conjunto de tres engranajes para transmitir el giro del motor hasta la mariposa (figura 4.103). La mariposa en posición de reposo mantiene una apertura de aproximadamente 7°. El actuador es el encargado de cerrar o abrir la mariposa en función de la excitación recibida de la unidad de control.



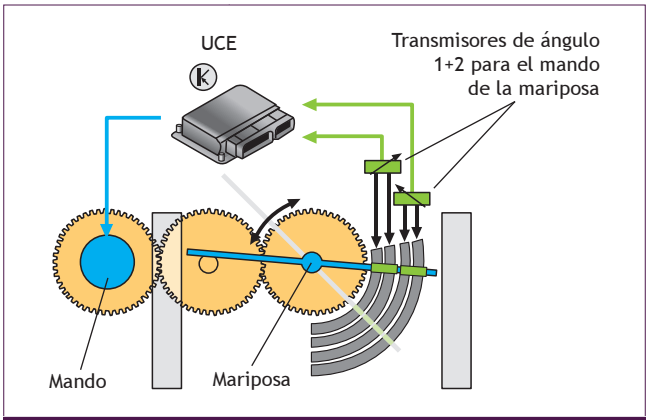
4.104. Motor de la mariposa electrónica.

La unidad controla al motor del actuador (figura 4.104) por dos cables, regulando el sentido de giro mediante la inversión de la polaridad.

Con el encendido conectado y el

motor parado, la mariposa abre o cierra en la misma proporción que se pisa el acelerador, es decir, con el pedal suelto está en reposo y al pisar a fondo, totalmente abierta.

Su funcionamiento se basa en que para abrir o cerrar la mariposa la unidad de control del motor excita el motor eléctrico para el mando de la mariposa (figura 4.105). Los dos transmisores de ángulo realimentan hacia la unidad de control del motor las señales correspondientes a la posición actual de la mariposa. Por motivos de seguridad se emplean dos transmisores.



4.105. Esquema eléctrico de mariposa motorizada.

Actuadores del sistema de distribución variable

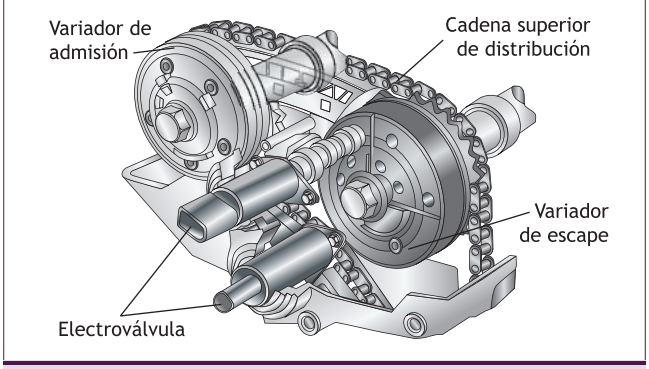
Cuanto más rápido gira un motor, más difícil resulta llenar los cilindros, puesto que las válvulas abren y cierran mucho más deprisa. Lo ideal es que la válvula de admisión se abra un poco antes del inicio de la carrera de admisión, y la de escape un poco antes de iniciarse la carrera de escape ayudando así al vaciado y llenado de los cilindros. El inconveniente proviene en que **el momento óptimo de apertura de las válvulas es diferente para cada régimen del motor**, por lo que resulta imprescindible sacrificar rendimiento en todos los regímenes de giro para obtener un resultado aceptable también en todos los regímenes de giro. Lo que hace la distribución variable es precisamente **cambiar el momento de apertura y cierre de las válvulas en función del régimen del motor,** para aprovechar lo mejor de los dos mundos. Los sistemas más sofisticados también pueden controlar el tiempo durante el que la válvula permanece abierta.

El sistema que se muestra en la figura 4.106 consta de un soporte a través del cual se canalizan los diferentes conductos de aceite, dos variadores, dos electroválvulas y la cadena superior de distribución, la cual transmite el movimiento a los dos piñones de los árboles de levas desde el árbol intermedio.

Su funcionamiento se basa en un **circuito hidráulico** que canaliza la presión de aceite hacia los dos variadores. Para ello se emplean las **dos electroválvulas**; una controla el paso de aceite del árbol de levas de admisión y otra, el variador de escape. La activación de ambas electroválvulas la gobierna la unidad de control del motor.

La unidad tiene en cuenta dos parámetros principales para la determinación del momento en que debe excitar a la electroválvula, que son la **carga (potenciómetro de mariposa) y el régimen de giro del motor**. Además la unidad verifica el correcto funcionamiento de la distribución variable gracias a la señal del sensor hall que es accionado por el árbol de levas de admisión.

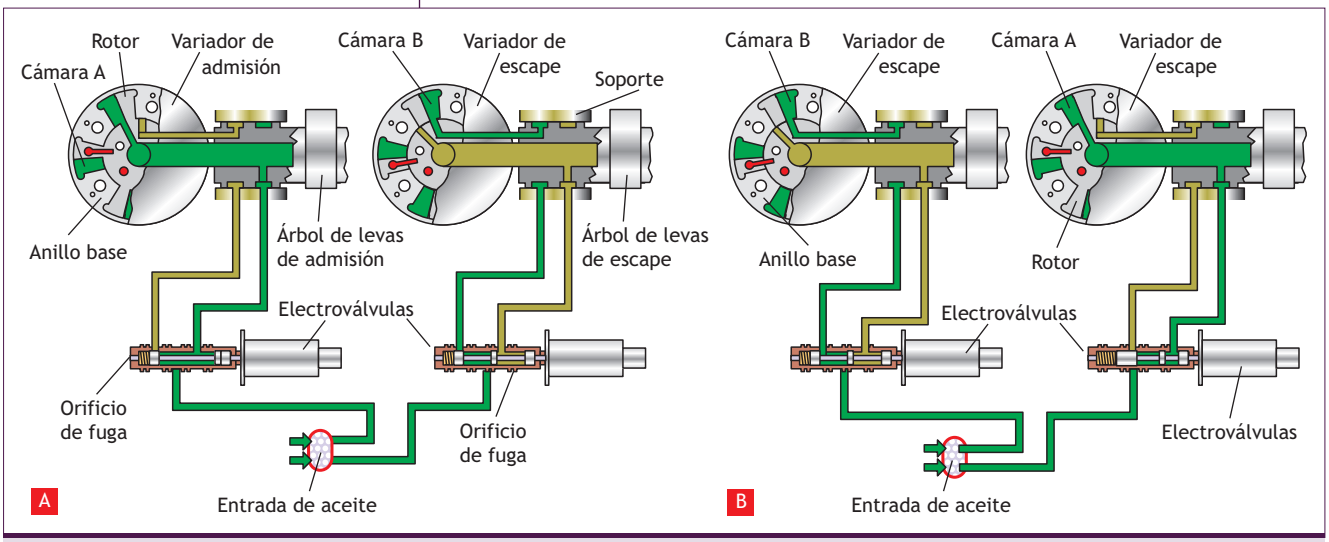
La presión de aceite procedente de la bomba llega a las dos electroválvulas por conductos independientes. Para el correcto funcionamiento del sistema se requie-



4.106. Sistema de distribución variable.

re una presión mínima de aceite de 0,7 bares. Las electroválvulas son las encargadas de dirigir el aceite hacia las cámaras A o B del variador. Con presión en las cámaras A del variador, el rotor se mantiene en posición inicial. Al dirigir la presión hacia las cámaras B se produce un desplazamiento del rotor, lo que se traduce en un avance del momento de apertura y cierre de las válvulas (figura 4.107).

Las electroválvulas disponen de dos orificios de fuga a través de los cuales se libera el aceite de las cámaras sin presión de los variadores al girar el rotor.



4.107. Esquema de funcionamiento del sistema de distribución variable.

Con el **motor a ralentí o revoluciones inferiores a 1 800 y bajas solicitudes de carga** (figura 4.107.A), la electroválvula del variador de admisión, que está en reposo, dirige la presión de aceite hacia las cámaras A para mantener el rotor de admisión en posición inicial, de tal forma que la apertura de la válvula de admisión se realiza 25° después de PMS.

En estas mismas condiciones de funcionamiento, y hasta que no se superen las 1 800 rpm, la electroválvula del variador de escape es excitada y la presión de aceite llega a las cámaras A del variador provocando un desplazamiento del rotor de escape. Con ello se adelanta 22° el momento del cierre de las válvulas de escape o, lo que es lo mismo, 25° antes del PMS.

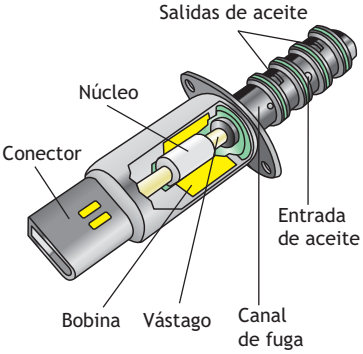
Con el **motor por encima de 1 800 revoluciones y carga** (figura 4.107.B), se modifica progresivamente la posición del árbol de levas de admisión, mientras que el árbol de escape se mantiene en posición inicial. La electroválvula del árbol de admisión está activada y abre el paso de aceite hacia las cámaras B del variador de admisión.

Al recibir presión de aceite en dichas cámaras B, el rotor gira avanzando el árbol de levas de admisión y, por consiguiente, el momento de apertura de las mismas. El avance máximo de las válvulas de admisión desde la posición inicial es de 50°, en definitiva, 25° antes del PMS.

Entre la posición de ralentí (25° después de PMS) y la máxima de rendimiento (25° antes de PMS) son posibles todas las posiciones intermedias.

Siempre que las revoluciones del motor sean superiores a las 1 800, la unidad de control del motor desactiva la electroválvula del árbol de escape y la presión de aceite es conducida hasta las cámaras A del variador de escape. En esta situación el rotor de dicho árbol de levas queda en posición inicial, realizando el cierre de las válvulas 3° antes del PMS.

Las electroválvulas para la distribución variable (figura 4.108) están formadas por una bobina, un núcleo y un vástago. La bobina es alimentada por la unidad de control del motor y genera un campo magnético que desplaza el núcleo, el cual está unido al vástago que, con su desplazamiento, abre o cierra los pasos de aceite. La UCE excita independientemente cada una de las electroválvulas.



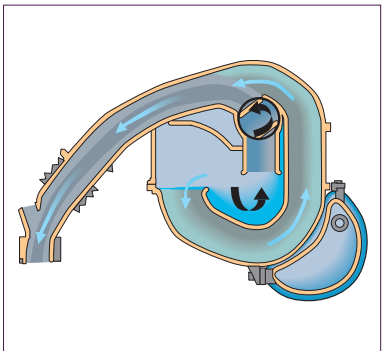
4.108. Detalle de la electroválvula de un sistema de distribución variable.

Una de las electroválvulas modifica el paso de aceite hacia el variador del árbol de levas de escape, y es alimentada con negativo al superar las 1 800 revoluciones. La otra, que controla el paso de aceite hacia el circuito del árbol de admisión, es activada por una frecuencia fija y proporción de negativo variable.

Admisión variable

La correcta distribución de la mezcla entre los diferentes cilindros depende en gran medida de la forma y las dimensiones de los colectores de admisión. Por tanto con un adecuado diseño en longitud y tamaño de los colectores para cada tipo de motor se intenta conseguir un mejor rendimiento volumétrico.

Los colectores de admisión actuales están diseñados con dos posibles recorridos de diferente longitud: con conductos largo y corto (figura 4.109). La elección de uno u otro corre a cargo de la unidad de control del motor que gobierna una electroválvula y esta a su vez a una mariposa.



4.109. Funcionamiento con el conducto corto y largo.

El parámetro que tiene en cuenta la unidad para el control del colector de admisión variable es exclusivamente las revoluciones del motor. Así, en regímenes inferiores a las 4 000 revoluciones la unidad excita a la electroválvula y esta cierra la mariposa, de forma que los cilindros se alimentan a través del conducto largo, más adecuado para estas condiciones de funcionamiento.

Por el contrario, en regímenes superiores a 4 000 revoluciones, la unidad interrumpe la excitación de la electroválvula que conlleva la apertura de la mariposa, conmutando al funcionamiento en recorrido corto del colector. En esta última posición se mejora notablemente el rendimiento volumétrico y además se reducen notablemente las emisiones de gases contaminantes.

Interruptor de inercia

Si por cualquier motivo el vehículo se ve envuelto en un accidente, el interruptor de inercia **cortará automáticamente el circuito eléctrico a la bomba de combustible** y, por tanto, cortará la alimentación de combustible a los inyectores, reduciendo de este modo el riesgo de incendio del vehículo. La ubicación del interruptor de inercia varía de unos vehículos a otros.

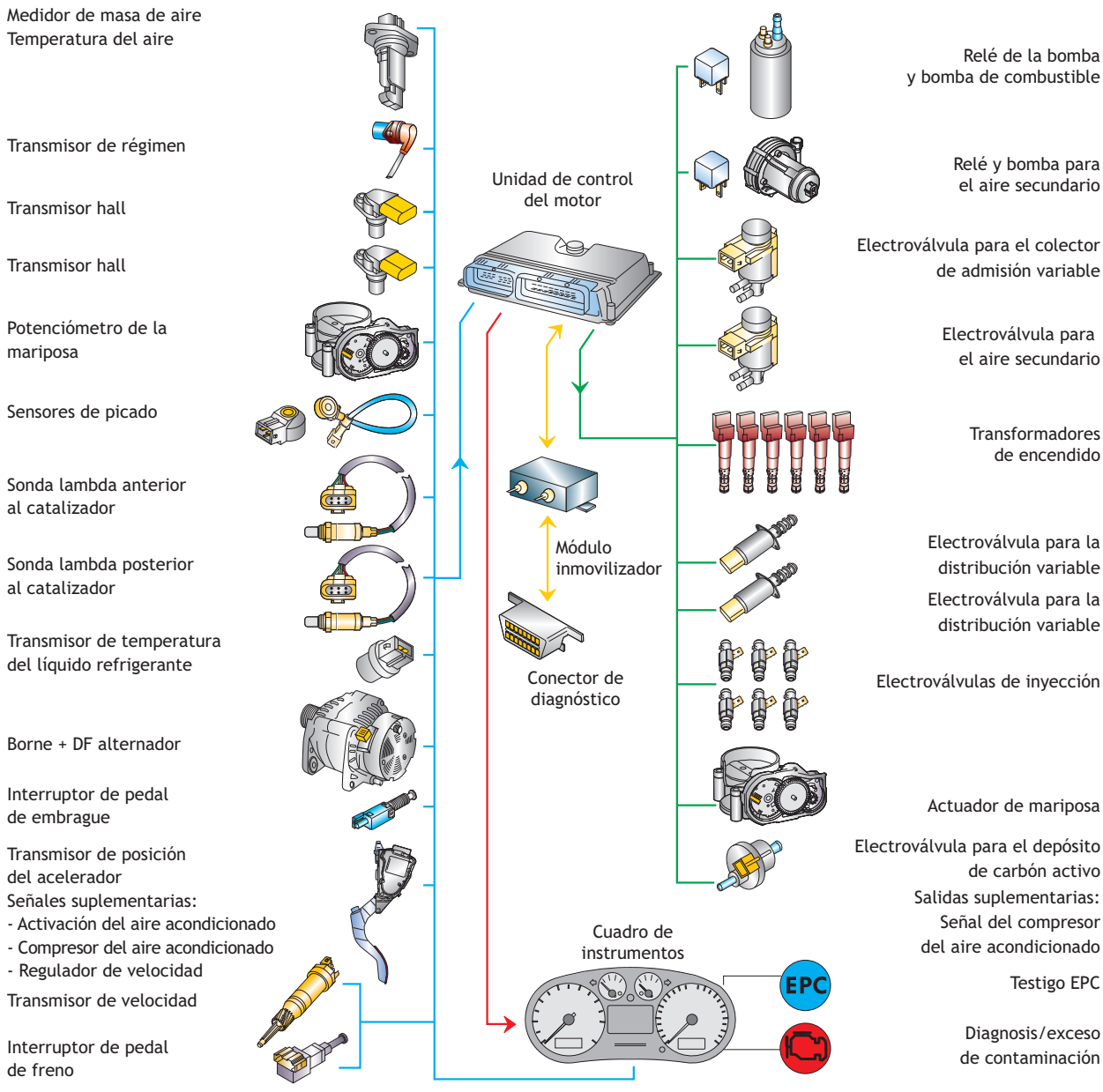
4.110. Interruptor de inercia.

Cuando un vehículo no arranque, se comprobará que el botón situado en la parte superior del interruptor de inercia (figura 4.110) está en su posi-

ción normal, hacia abajo. Si el interruptor está en la posición subida o disparado, se debe pulsar el botón para restablecer la posición de funcionamiento del interruptor y volver a conectar la alimentación de corriente a la bomba de combustible.

Si un vehículo no arranca y la bomba de combustible no funciona, se comprobará el interruptor de inercia de la bomba de combustible antes de intentar realizar cualquier otra prueba en el vehículo.

A continuación se muestra el resumen de los sensores y actuadores vistos hasta el momento (figura 4.111):



4.111. Resumen esquemático de un sistema de inyección electrónica de última generación.

2 >> Inyección monopunto

Los sistemas de inyección monopunto mejoran notablemente el rendimiento general con respecto a motores con carburador. Se consiguen con ellos unos niveles de contaminación bastante buenos, pudiendo instalar un catalizador.

Debido a la simplicidad y bajo coste del sistema, va encaminado preferiblemente a ser montado en **vehículos de baja cilindrada** que necesitan de un comportamiento óptimo del motor, unos niveles de contaminación que estén dentro de los márgenes establecidos y un coste del sistema que no eleve el precio del vehículo.

La principal característica de un sistema monopunto es que **utiliza una sola válvula de inyección para todos los cilindros** (figura 4.112). La válvula está instalada en el **cuerpo de la mariposa** (pieza parecida al carburador). El cuerpo de la mariposa integra otros componentes, que en el sistema Motronic están en diferentes puntos del vehículo, como el actuador de marcha lenta (ralentí), potenciómetro de mariposa y otros más.

En este punto estudiaremos el **sistema Mono-Motronic** de BOSCH (figura 4.113), muy parecido en su funcionamiento al sistema Motronic ya estudiado. La diferencia principal radica en la cantidad de válvulas de inyección. El único inyector de este sistema se encuentra situado antes de la mariposa de gases, en donde la gasolina se inyecta en forma de impulsos y a una presión de entre 0,5 y 1 bar. Este sistema incorpora en la misma unidad de control la gestión de la inyección de gasolina así como la del encendido.

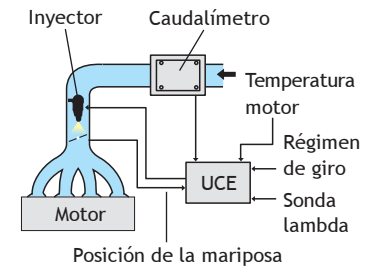
Los tres elementos fundamentales que forman el esquema de un sistema de inyección monopunto son:

- **El inyector.** Sustituye a los inyectores de la inyección multipunto. Se encuentra colocado antes de la mariposa de gases.
- **La UCE.** Recibe información de diferentes sensores y determina la dosificación de combustible que proporciona el inyector.
- **Un caudalímetro**. Proporciona información sobre la cantidad de aire que penetra en el colector de admisión.

El sistema también necesita otras medidas como la temperatura del motor, el régimen de giro del mismo, la posición que ocupa la mariposa de gases y la composición de la mezcla por medio de la sonda lambda. Con estos datos la UCE elabora un tiempo de abertura del inyector para que proporcione la cantidad justa de combustible.

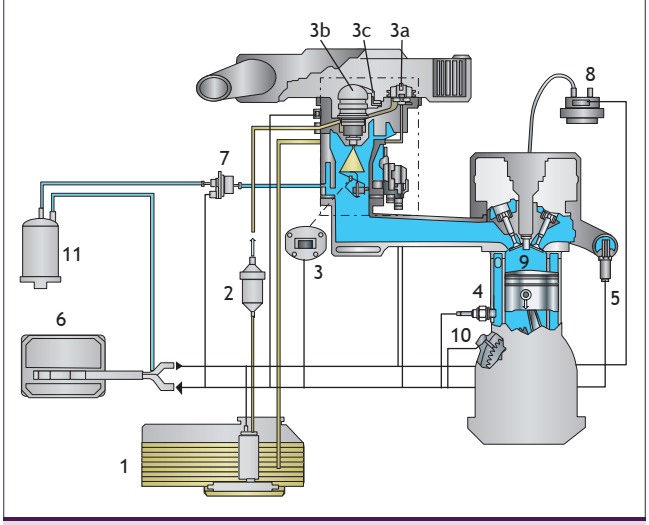
Al igual que en otros sistemas de inyección, el sistema monopunto se puede clasificar en tres grandes bloques funcionales:

- Sistemas de alimentación.
- Sistema de admisión.
- Circuito eléctrico.

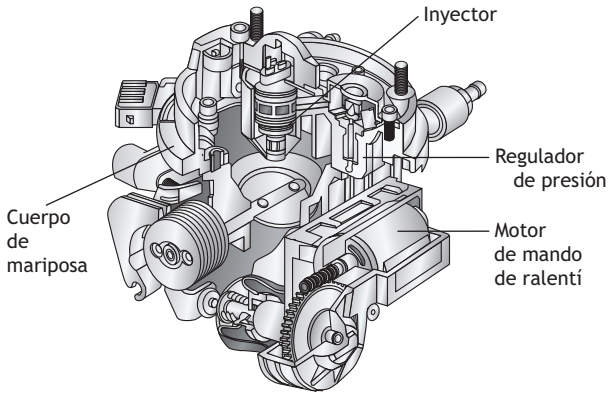


4.112. Esquema básico de una inyección monopunto.

1 Bomba de combustible
2 Filtro
3 Sensor de posición de mariposa
3a Regulador de presión de combustible
3b Inyector
3c Sensor de temperatura
3d Actuador de ralentí
4 Sensor de temperatura del refrigerante motor
5 Sonda lambda
6 Unidad de control (UCE)
7 Válvula de ventilación del cánister
8 Bobina de encendido doble (de chispa perdida)
9 Bujía de encendido
10 Sensor de rpm
11 Cánister



4.113. Esquema de una instalación de sistema monopunto Mono-Motronic.



4.114. Detalle del cuerpo de inyección monopunto.

Por otra parte, todos los sistemas monopunto constan de **una unidad central también llamada cuerpo de mariposa**, que se parece exteriormente a un carburador.

En este elemento se concentra la mayor parte de dispositivos como son (figura 4.114):

- Potenciómetro de mariposa.
- Motor de mando ralentí.
- Sonda de temperatura de aire.
- Inyector.
- Regulador de presión.
- Cuerpo mariposa.
- Toma de purga del cánister.
- Caudalímetro (en algunos casos).

2.1 > Sistema de alimentación

Este sistema suministra a baja presión la cantidad de combustible necesaria para cada estado del motor. Está formado por los siguientes elementos:

- Depósito de combustible.
- Bomba de alimentación.
- Filtro de combustible.
- Inyector.
- Regulador de presión.

Todos los componentes citados, a excepción del inyector y regulador de presión, tienen un funcionamiento idéntico a los estudiados en los sistemas de inyección multipunto.

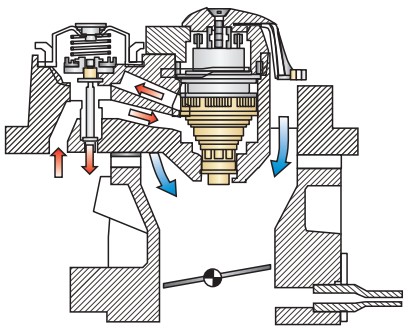
Manipulación del potenciómetro

El potenciómetro se regula respecto al cuerpo mariposa durante su montaje en fábrica y por ningún motivo debe desmontarse; en caso de avería es necesario sustituir el cuerpo mariposa completo.

Inyector

El inyector es uno de los componentes destacados del sistema. Tiene doble objetivo:

- Suministrar la cantidad exacta de gasolina necesaria para formar la mezcla de combustible.
- Pulverizar la gasolina para favorecer la difusión y facilitar una combustión más rápida.



4.115. Circulación del aire y del combustible en el interior del cuerpo de inyección monopunto.

El inyector está fabricado de acero inoxidable para resistir las eventuales impurezas presentes en el carburante. Está colocado en posición central sobre la tobera portainyector encima de la válvula de mariposa, siendo esta de mando electromagnético (figura 4.115).

Los impulsos eléctricos provienen del calculador a través del conector (1), produciendo un campo magnético en el bobinado (4) que determina la posición del núcleo (2) al ser atraído (figura 4.116).

Cuando aumenta el magnetismo y bajo la presión del combustible, se produce el levantamiento de la válvula de bola (7), produciéndose la inyección de combustible

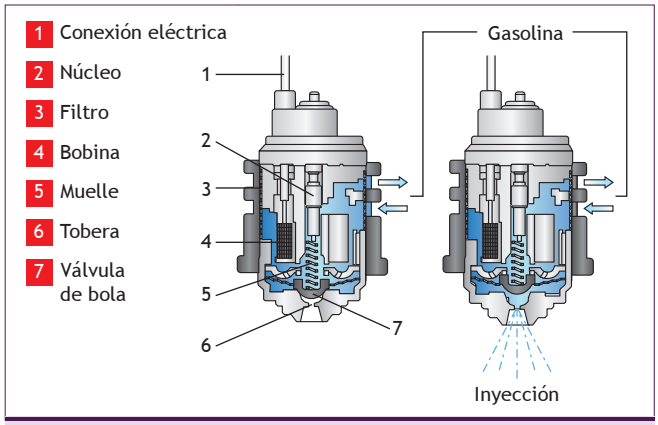
debidamente pulverizado a través de la tobera (6). Al desaparecer el impulso eléctrico, un muelle de membrana (5) devuelve a la válvula de bola a su posición inicial, asegurando el cierre hermético del inyector.

El carburante, bajo presión, se pulveriza instantáneamente formando un cono de 30º en el espacio comprendido entre la mariposa y la pared del venturi. El tiempo de respuesta del mando de apertura del inyector es muy preciso, por medio de una resistencia muy débil de 1 Ω (figura 4.117).

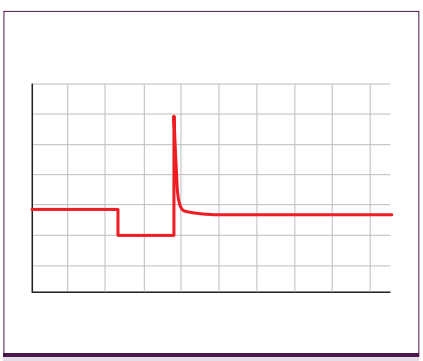
La centralita utiliza dos formas distintas para accionar la apertura del electroinyector (figura 4.118):

La primera es la de accionamiento en funcionamiento **síncrono (A)**, donde el electroinyector se abre siempre que se envía un impulso de alta tensión a las bujías.

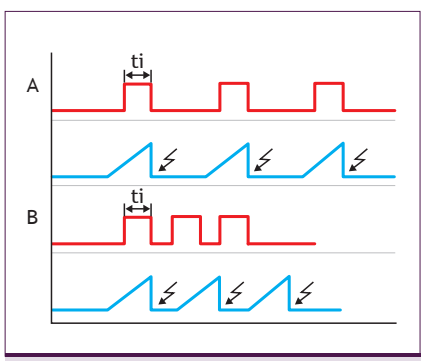
La segunda forma de accionamiento es con funcionamiento **asíncrono (B)**, donde la centralita electrónica abre el electroinyector independientemente del número de impulsos de alta tensión enviados a las bujías.



4.116. Electroinyector monopunto.



4.117. Señal de mando de un inyector monopunto.



4.118. Funcionamiento de un inyector síncrono (A) y asíncrono (B).

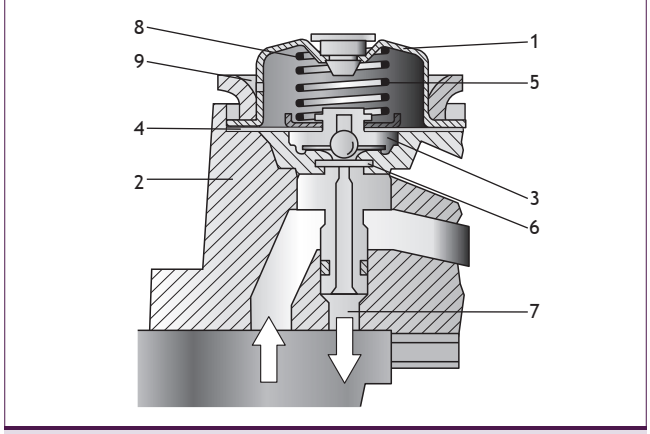
Inyección monopunto MULTEC

El sistema de inyección monopunto de Opel se denomina MULTEC. Gestiona la inyección y el encendido. Este sistema se puede encontrar en los modelos Corsa (91), Corsa (93), Astra (91), Astra F (93), Vectra (91) y Vectra-B (98).

Regulador de presión

Mantiene la presión constante del carburante a un valor comprendido entre 0,8 y 1,2 bar. Consta de un cajetín metálico con una toma de puesta a presión atmosférica, una membrana, un muelle calibrado y una válvula (figura 4.119).

El combustible en presión procedente de la bomba eléctrica llega a la cámara hidráulica (3) del regulador de presión. Si la presión en la membrana (4) supera el valor de 1 bar, vence la carga del muelle antagonista (5) y determina el desplazamiento del platillo (6) permitiendo al carburante volver al depósito, a través de la canalización (7). En la cámara superior (8) del regulador hay un orificio (9) que comunica la cámara con el exterior, para que en la cámara misma no se forme el



4.119. Regulador de presión de carburante de un sistema monopunto.

vacío. Con la parada del motor se mantiene durante un cierto tiempo la presión de alimentación en la parte hidráulica.

Cuando la presión de la cámara aumenta y sobrepasa el valor fijado por el tarado del muelle, la válvula se abre y el combustible sobrante retorna al depósito.

2.2 > Sistema de admisión

Este sistema consta de un filtro de aire, colector de admisión y un caudalímetro, que puede ser del tipo **hilo caliente** o también del tipo **aleta-sonda oscilante**. En caso de llevar el primero de ellos, este se instala en el mismo cuerpo de mariposa y en el segundo caso la aleta-sonda se puede incorporar dentro de la unidad de mando, formando todo ello un conjunto.

2.3 > Circuito eléctrico

Sistema monopunto

El sistema Mono-Motronic es idéntico al sisteme Mono-Jetronic, con la salvedad de que este último no incorpora en la misma unidad de control los sistemas de inyección y encendido.

La centralita electrónica es una minicomputadora que analiza los datos, transmitidos por los sensores, sobre el funcionamiento del motor, elabora las señales que le llegan de los sensores periféricos y, con diagramas característicos programados, controla los impulsos para el electroinyector y el instante de encendido.

Por otra parte, puede medir la falta de eficiencia de los distintos sensores y sustituir los datos erróneos o que no le llegan con unos valores tomados de oportunas áreas de memoria para garantizar el funcionamiento del motor también en condiciones de emergencia. Además, se dota de una estrategia completa de **autodiagnosis** tanto de los sensores de entrada como de los de salida, con una específica memoria para detectar los eventuales inconvenientes que se transmiten después durante la diagnosis.

La centralita electrónica no solo controla electrónicamente el instante de encendido, sino que también debe controlar y gestionar la inyección para que la relación estequiométrica esté siempre dentro del valor óptimo, definido en fase dentro de puesta a punto, para así limitar los consumos de gases de escape y optimizar el rendimiento termodinámico del motor.

Se realizan de este modo las siguiente funciones:

- Dosificación del carburante.
- Control alimentación electrobomba carburante.
- Arranque.
- Aceleración y plena potencia.
- Deceleración.
- Regulación lambda.

Posee, además, una característica importante e innovadora: la autoadaptación. Esta función permite al sistema reconocer y, mediante oportunas estrategias, adecuarse a los distintos cambios (desde los atmosféricos a los originados por el desgaste de los componentes) que podrían producir funcionamientos irregulares del motor.

La centralita usa cuatro parámetros para su propia autoadaptación que le permiten tener en cuenta variaciones de presión atmosférica, filtraciones después de la mariposa, variaciones del inyector y posición mariposa en el arranque.

2.4 > Sensores

Potenciómetro de mariposa

Informa de la posición de la mariposa de gases a la unidad de control electrónica. Esta información se utiliza para el reconocimiento del ralentí (posición pie levantada), plena carga (posición pie a fondo), para las estrategias de aceleraciones, de deceleraciones y para el corte de la inyección.

Con esta información fundamental la UCE calcula el tiempo básico de inyección del mapa específico.

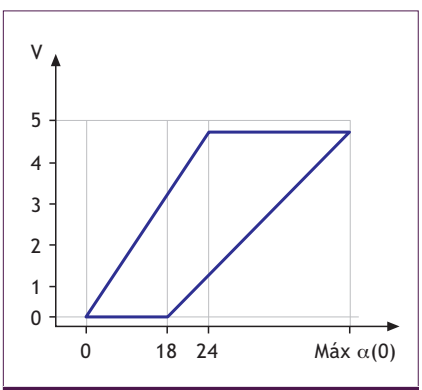
Está situado en el cuerpo de mariposa y mediante una escobilla de dobles peines acoplada al eje de mariposa y sobre el potenciómetro da dos señales eléctricas proporcionales cuando se abre la válvula de mariposa.

La unidad de control suministra al terminal del sensor (5) una tensión de referencia igual a 5 V estabilizados (constantes) (figura 4.120).

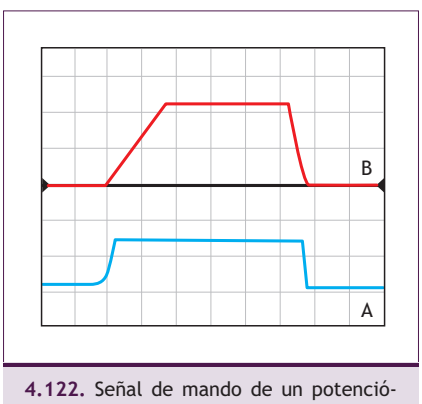
Está constituido por dos pistas (2 y 3) que permiten obtener una precisión suficiente en las tres aperturas pequeñas de la mariposa para compensar la ausencia del captador de presión. **La pista 2 es de carga mínima parcial y la pista 3, de carga media/plena carga.**

Los campos de funcionamiento de cada una de las pistas son (figuras 4.121 y 4.122):

- Desde uno de los terminales del potenciómetro se envía una señal de tensión medida sobre la pista 2 a la centralita. La señal es proporcional a las posiciones adoptadas por la mariposa en **los primeros 24°** de apertura (0-24°). Por tanto, la señal asume un valor próximo a 0 V cuando la mariposa está totalmente cerrada, y un valor próximo a 5 V para una apertura de 24° respecto a la posición de reposo.
- **A partir de 18° de apertura** de la válvula de mariposa, hasta su total apertura (aproximadamente 90°), interviene la señal suministrada por otro terminal de la conexión cuadripolar: el terminal 4 del potenciómetro (B), es decir, el de la segunda pista. Dicha señal enviada a la centralita se refiere a las condiciones de funcionamiento motor con media y plena carga.

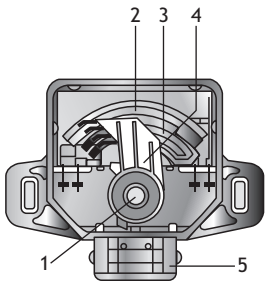


4.121. Gráfica de tensión de un potenciómetro doble para mariposa.



4.122. Señal de mando de un potenciómetro doble situado en la mariposa de gases.

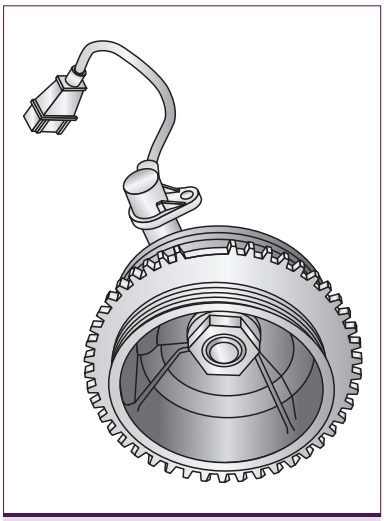
1 Eje de mariposa
2 Pista resistiva 1
3 Pista resistiva 2
4 Brazo con cursor
5 Conexión eléctrica (cuadripolar)



4.120. Esquema interno de un potenciómetro de mariposa de un sistema monopunto.

Entrehierro del captador inductivo

Para un buen funcionamiento del motor es indispensable que la distancia entre el sensor inductivo y la cabeza del diente (entrehierro) sea de 0,5-1,5 mm (cota no regulable).



4.123. Sensor de revoluciones y punto muerto superior.

- Con ángulos de apertura de la válvula de mariposa incluidos **entre 18° y 24°,** la presencia simultánea de señales de tensión sobre los terminales de salida, respectivamente de la primera y de la segunda pista, debe satisfacer una determinada relación. En estas condiciones, la centralita electrónica de control efectúa la **prueba de plausibilidad para verificar la sincronización exacta entre las señales de la primera y de la segunda pista**.

En el sistema monopunto Mono-Motronic el potenciómetro no se cambia solo porque su posición en el cuerpo de la mariposa obedece a una medida de extrema importancia. En este caso, se reemplaza la parte inferior del cuerpo de la mariposa, que ya trae el potenciómetro.

Sensor de revoluciones y punto muerto superior

Adaptado a un soporte integrado en el bloque motor, lado distribución, está situado frente a la polea de arrastre de accesorios del cigüeñal (figura 4.123). El captador está formado por un núcleo magnético.

Cuando los dientes de la polea de arrastre de accesorios del cigüeñal pasan delante del captador, se crea una variación del campo magnético que induce en el bobinado una tensión alterna (señal sinusoidal) en la que la frecuencia y amplitud son proporcionales a la velocidad de giro del motor.

La polea de arrastre de accesorios del cigüeñal tiene en su periferia 60 dientes de los cuales se han suprimido 2 con el fin de determinar el PMS.

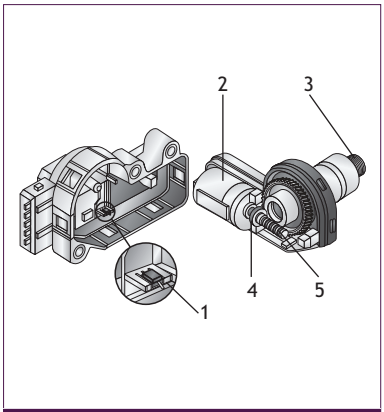
Sensor de la temperatura del refrigerante

Mide la temperatura del líquido de refrigeración e informa al calculador sobre el estado térmico del motor. Su resistencia es del tipo NTC.

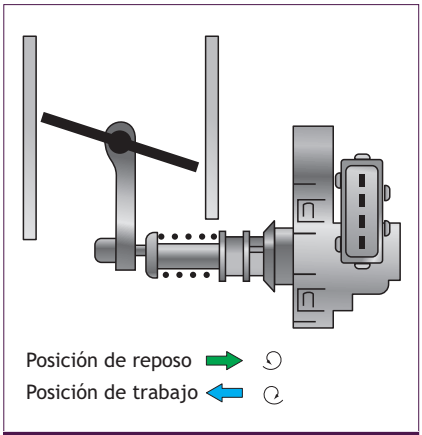
2.5 > Actuadores

Actuador de mariposa. Tipo motor de pasos

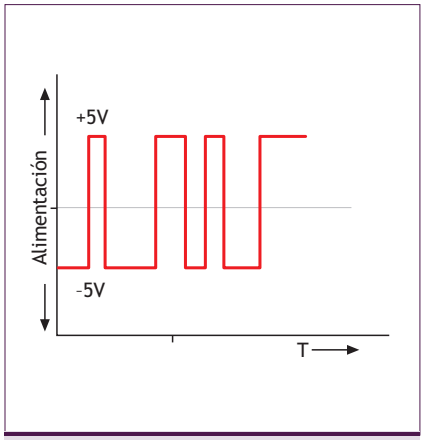
La función del actuador de mariposa es **ajustar el régimen del ralentí** a través del movimiento de la mariposa. Dicho movimiento se realiza mediante un motor eléctrico de corriente continua de 12 V que hace girar un piñón (figura 4.124). El movimiento del motor es controlado por la unidad



4.124. Actuador de posicionamiento de la válvula de mariposa con sensor hall e interruptor del ralentí.



4.125. Estructura y funcionamiento del actuador de mariposa.



4.126. Señal de alimentación del actuador.

electrónica. La UCE, para procesar el movimiento del motor, recibe señal de un potenciómetro acoplado en la mariposa, el cual le indica la posición en la que se encuentra la mariposa. De esta forma la UCE adapta el caudal de inyección a través del tiempo de apertura del inyector y la posición de mariposa con el actuador de mariposa.

Un conmutador electrónico interior es controlado por la centralita, que invierte oportunamente las polaridades en el motor, para obtener los dos sentidos de rotación (horario y antihorario) (figuras 4.125 y 4.126). La alimentación del motor (2) hace girar el grupo de reducción, compuesto por un tornillo sin fin de transmisión (5) y por una rueda helicoidal. En el interior de la rueda helicoidal hay un tornillo con rosca interior (3) en el que se aprieta/desenrosca el cuerpo del microinterruptor para que pueda extenderse/retirarse en relación al sentido de rotación de la rueda misma. El recorrido total de la punta actuando en las palancas de la válvula de mariposa puede determinar una apertura máxima de aproximadamente 18°.

Sistema de encendido

El sistema de encendido es con distribución estática. La bobina tiene cuatro tomas de alta tensión que están conectadas directamente a las bujías y cuyo funcionamiento lo gestiona totalmente la centralita (visto en la unidad 2).

Válvula de purga cánister

Pilotada por el calculador, permite el reciclaje de los vapores de carburante que provienen del depósito de combustible. Este componente se verá más extensamente en la unidad de sistemas anticontaminación.

3 >> Inyección directa de gasolina

Con el sistema de inyección directa de gasolina se consiguen principalmente tres objetivos:

- Reducción del consumo de combustible.
- Menor emisión de gases contaminantes.
- Mayor rendimiento térmico.

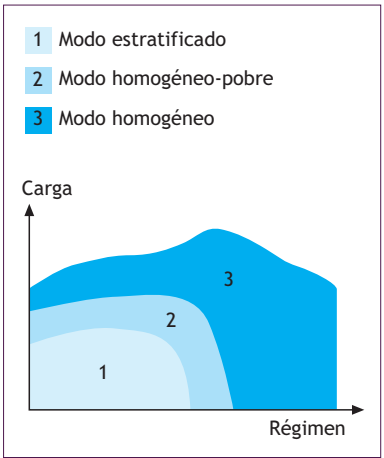
Para ello, se utiliza la técnica de inyección del combustible directamente en el interior del cilindro. Por la válvula de admisión solamente entra aire a la cámara y la mezcla se efectúa en su interior. La relación de mezcla homogénea próxima a la estequiométrica (14,7 g de aire por 1 g de gasolina) o lambda 1 con la que trabajaban los hasta ahora predominantes motores de inyección indirecta es llevada con la inyección directa hasta límites de $\lambda = 3$.

3.1 > Modos operativos de funcionamiento

Para conseguir las ventajas de la inyección directa anteriormente citadas, el sistema puede operar básicamente con dos modos de funcionamiento cuando se inyecta el combustible directamente en el cilindro y no en el conducto de admisión:

Antecedentes históricos I

La inyección directa de gasolina comenzó a mediados del sigo XX en algún avión, los automóviles Gutbrod y Goliat en 1952 y el Mercedes 300 SL en 1954.



4.127. Modos operativos usados en función de la carga y régimen del motor.

- **Modo estratificado**. Se obtiene la máxima reducción del consumo de combustible. Este funcionamiento es posible hasta las 3 000 - 3 500 rpm.
- **Modo homogéneo.** Es el funcionamiento normal de relación estequiométrica. Se produce a partir de las revoluciones máximas del modo estratificado, en donde la preparación de la mezcla y las turbulencias aumentan perjudicando la estabilidad de la combustión.

La unidad de mando de inyección opta por uno u otro en función de las condiciones de funcionamiento básicas del motor, siendo la de **régimen del motor y de la potencia deseada**, pero también dependiendo de las necesidades de **anticontaminación y seguridad**.

En algunos motores, en función de la versión que equipen, los modos operativos básicos pueden complementarse con uno o más modos operativos adicionales (figura 4.127):

- Modo homogéneo-pobre.
- Modo precalentamiento del catalizador.
- Modo para plena carga.

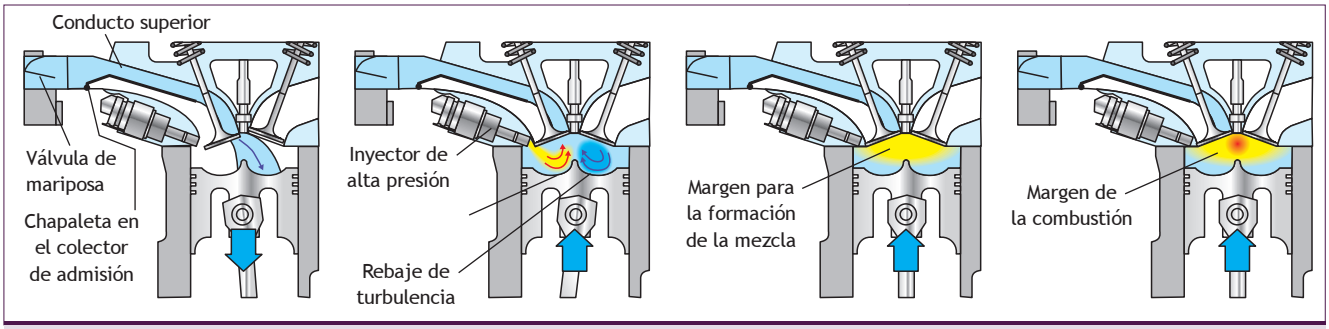
Modo estratificado

El motor funciona en este modo a **bajas cargas**. La mezcla aire-combustible se dispone dentro del cilindro de **forma estratificada** (figura 4.128). Se sitúa en el centro de la cámara de combustión (alrededor de las bujías) una buena mezcla inflamable y toda esta es rodeada de una capa externa de aire sin combustible y gases recirculados. Esta estratificación permite trabajar con mezcla muy pobre, con **lambdas entre 1,6 y 3**.

- En la **fase de admisión** se abre la mariposa de admisión lo máximo posible para reducir las pérdidas por estrangulamiento. Por otra parte, la chapaleta del colector de admisión se mantiene cerrada y todo el aire aspirado fluye así por el conducto superior del colector acelerándose con una turbulencia cilíndrica (*tumble*) hacia el interior de la cámara de combustión.
- En la **fase de compresión** el flujo de aire que ha entrado en torbellino ve acentuado este efecto por el deflector que incorpora la cabeza del pistón. Esto permite conducir el aire hacia la bujía.
- **La inyección se efectúa al final de la carrera de compresión. Empieza unos 60º y termina unos 45º antes del PMS, poco antes del encendido.** Los correspondientes rebajes-deflectores en el pistón para el aire y el combustible permiten que el aire en turbulencia y el combustible a alta presión (50-100 bares) se mezclen y sean conducidos en forma de nube hacia la bujía. Alrededor de la bujía se sitúa una buena mezcla inflamable y esta es rodeada por una capa externa compuesta de aire fresco y gases de escape recirculados. La relación total de aire-combustible en la cámara es de 40 : 1, muy pobre.
- En la **fase de combustión**, el salto de la chispa produce el encendido de la nube de mezcla. El motor tiene un buen rendimiento térmico ya que las pérdidas de calor por las paredes del bloque son muy reducidas pues la capa de gases externos actúa como aislante. El par motor que se genera en el modo operativo estratificado depende principalmente de la cantidad de gasolina inyectada.

Antecedentes históricos II

Recientemente quien ha actualizado al mercado generalista el primer vehículo con inyección directa de gasolina ha sido Mitsubishi en el año 1996 con un Galant 1.8 equipado del motor GDI. Otros fabricantes no han tardado en poner a punto sus respectivos motores y lanzarlos sobre el año 2000: Renault con el motor IDE, Grupo VAG con el motor FSI, PSA con el motor HPI y FIAT con el motor JTS en Alfa.

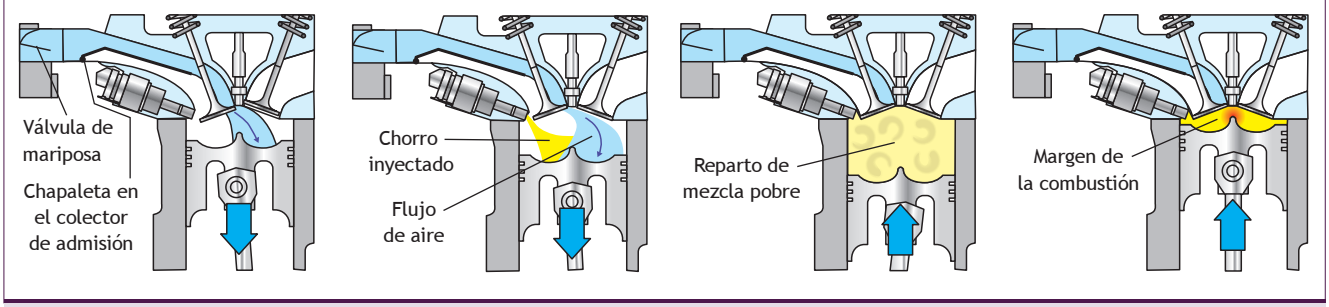


4.128. Formación de la mezcla en el modo estratificado.

Modo homogéneo-pobre

Este modo de funcionamiento es **de transición entre el modo estratificado y el modo homogéneo** (figura 4.129). La mezcla aire-combustible se dispone dentro del cilindro de forma homogénea, pero en una relación de aire-combustible pobre de lambda = 1,55.

- En la **fase de admisión** se abre la mariposa de admisión lo máximo posible para reducir así las pérdidas por estrangulamiento. Pero la chapaleta del colector de admisión se mantiene cerrada y todo el aire aspirado fluye así por el conducto superior del colector acelerándose con una turbulencia cilíndrica *(tumble)* hacia el interior de la cámara de combustión. Además en esta fase **es inyectado el combustible necesario para conseguir la relación lambda requerida, unos 300° antes del PMS**, que posibilita la mezcla homogénea del aire y del combustible en la cámara de combustión.
- La **fase de combustión** es igual que en el modo homogéneo.



4.129. Formación de la mezcla en el modo homogéneo-pobre.

Modo homogéneo

La mezcla aire-combustible se dispone dentro del cilindro de **forma homogénea** (figura 4.130) y con una **relación lambda = 1**, como en los motores de inyección indirecta.

La particularidad reside en que la gasolina es inyectada en la fase de admisión directamente dentro del cilindro.

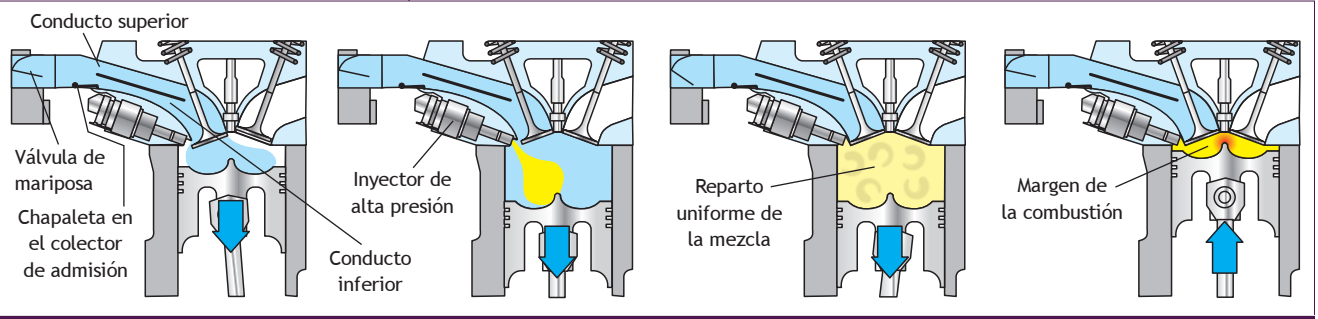
El inyectar directamente dentro del cilindro provoca que la evaporación del combustible absorba calor del aire aspirado enfriándolo.

Inconveniente de la inyección directa de gasolina

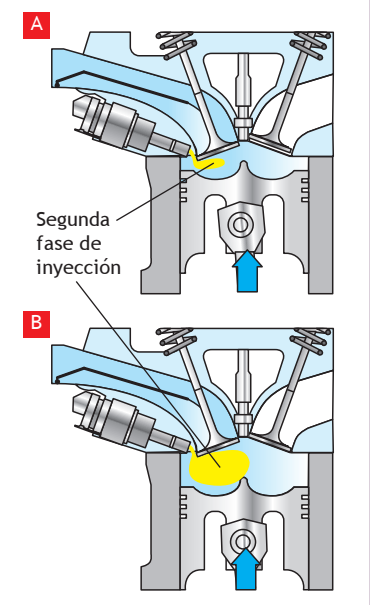
Uno de los problemas principales que plantea la inyección directa de gasolina es el tratamiento de los óxidos nítricos que se producen con motivo de la combustión en el modo estratificado y homogéneo-pobre. Para solucionar este problema los vehículos deben disponer de un catalizador-acumulador de NOx, para así cumplir con las normas anticontaminación.

De esta forma se reduce la tendencia al picado, permitiendo un aumento de la relación de compresión (12:1) y, consecuentemente, un aumento del rendimiento volumétrico del motor.

- En la **fase de admisión**, la mariposa abre proporcionalmente en función de la solicitud de carga por parte del conductor cuando pisa el acelerador. La chapaleta del colector se mantiene cerrada a media carga. A la que aumenta la carga y el régimen, abre permitiendo también el paso de aire por el conducto inferior.
- **El combustible es inyectado directamente a la cámara unos 300º antes del PMS**; de esta forma aire y combustible en relación estequiométrica, disponen de mucho tiempo para mezclarse de forma homogénea.
- En la **fase de combustión** el reparto homogéneo de la mezcla posibilita escoger con libertad el momento de inicio del encendido. El par motor que se genera en el modo operativo homogéneo depende del momento de encendido, de la masa de aire aspirada y de la cantidad de gasolina inyectada.



4.130. Formación de la mezcla en el método homogéneo.



4.131. Formación de la mezcla en modo de precalentamiento del catalizador (A) y plena carga (B).

Modo precalentamiento del catalizador

Su objetivo es **calentar rápidamente el catalizador y, por otra parte, aumentar el par motor en la gama de regímenes inferiores**. En este modo se realiza la **inyección en dos fases**.

- La primera fase de inyección se realiza a unos 300° antes del PMS, durante la carrera de admisión, consiguiendo un reparto uniforme de la mezcla de combustible y aire.
- En la **segunda fase** (figura 4.131.A) **se inyecta una pequeña cantidad de combustible a aproximadamente 60° antes del PMS** en la carrera de compresión. Esta mezcla se quema muy tarde y hace que aumente la temperatura de los gases de escape, logrando que el catalizador alcance rápidamente su temperatura de servicio.
- Por otra parte, se mejora la suavidad de funcionamiento de la mecánica y se producen menores emisiones de hidrocarburos. Todo esto, en conjunto, se traduce en una reducción de las emisiones de escape y del consumo.

Modo para plena carga

A plena carga y para lograr una perfecta homogeneización de la alta cantidad de combustible inyectado se realizan también dos fases de inyección.

La **primera fase de la inyección se realiza a unos 300 °C antes del PMS en la carrera de admisión** y se inyectan aproximadamente **dos tercios de la cantidad total del combustible**.

En la **segunda fase** (figura 4.131.B) **se inyecta la cantidad restante, equivalente más o menos a un tercio** de la dosificación total. Esta se realiza aproximadamente al comienzo de la carrera de compresión, mejorando la homogeneización y evitando que se deposite el combustible en las paredes de los cilindros.

Aparte de esto, en la zona de la bujía se produce una mezcla un poco más rica que en el resto de la cámara de combustión, lo cual viene a mejorar el desarrollo de la combustión y reduce la tendencia al picado.

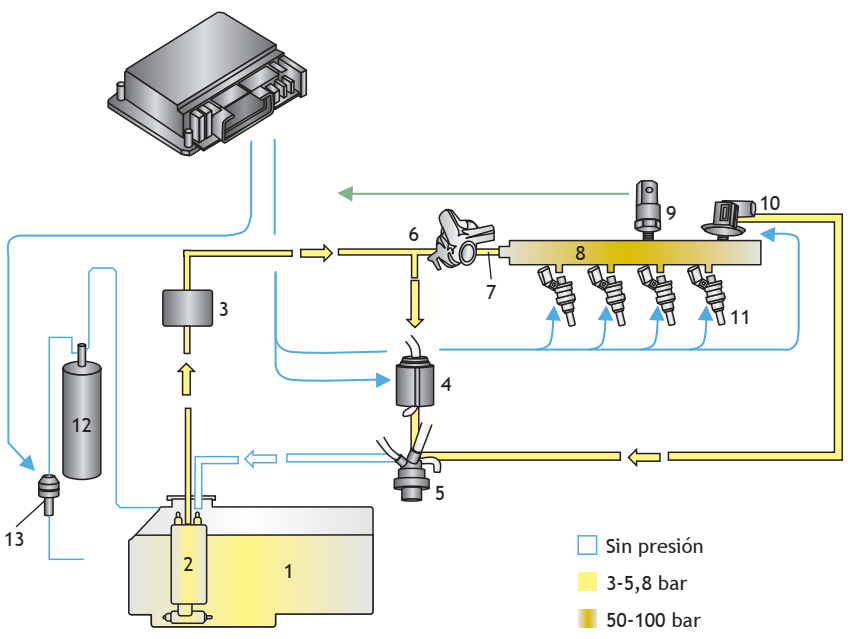
Colectores de admisión de los motores de inyección directa de gasolina

Los motores GDI de Mitsubishi utilizan colectores de admisión verticales con el objetivo de crear un flujo de aire en la admisión de tipo giratorio en sentido de las agujas del reloj, con el que se consigue un mayor rendimiento.

3.2 > Sistema de combustible, alimentación e inyección

Para poder llevar a cabo la inyección directa es necesario disponer de un circuito de **alta presión** que permita realizar una **inyección de combustible dentro del cilindro** y de uno **de baja presión, para alimentar la bomba de alta presión** (figura 4.132).

Ambos circuitos se han diseñado con la premisa de la **disminución de la potencia absorbida**, tanto eléctrica como mecánica, logrando con ello una **reducción final del consumo del combustible.**



1 Depósito
2 Electrobomba
3 Filtro
4 Válvula dosificadora de combustible
5 Válvula de caída de presión
6 Bomba de alta presión
7 Tubería de alta presión
8 Rampa de presión
9 Sensor de presión
10 Regulador de presión
11 Inyectores
12 Cánister
13 Electroválvula de control del cánister

4.132. Sistema eléctrico e hidráulico de la inyección directa de gasolina.

Circuito de baja presión

En él, la **electrobomba** de combustible, sumergida en el **depósito de combustible,** es la responsable de impulsar el combustible a baja presión pasando antes a través de un **filtro** hasta la bomba de alta.

La unidad de control del motor calcula la **presión teórica** necesaria en el circuito de baja, en función de las condiciones momentáneas de funcionamiento del motor, y mediante el **sensor de baja presión** del combustible reconoce la **presión real** en el circuito. En función de la divergencia existente entre los dos valores la unidad de control del motor envía una señal de frecuencia fija y proporción de periodo variable a la unidad de control de la bomba, la cual adapta la tensión de alimentación hacia la bomba de combustible situada en el depósito de combustible.

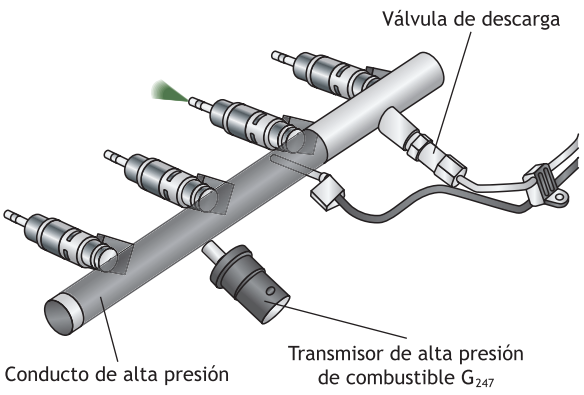
La presión del sistema en la zona de baja oscilará entre **los 3 bar en funcionamiento normal y los 5,8 bar como máximo, y siempre en función del régimen y la carga del motor.**

En los siguientes estados operativos se obtiene la máxima presión:

- Al parar el motor.
- Antes del arranque del motor.
- Durante la fase de arranque del motor y hasta unos 5 segundos después.

Circuito de alta presión

La **bomba de alta** eleva la presión del combustible que le llega, un **regulador la ajusta** a los valores requeridos y en el **tubo distribuidor** (figura 4.133) se acumula para que los inyectores efectúen la inyección en los cilindros.



4.133. Tubo distribuidor de alta presión.

En el circuito de combustible de alta presión reinan presiones comprendidas **entre los 50 y 110 bar** aproximadamente.

La presión puede ser establecida mediante una bomba de combustible **monocilíndrica o radial.**

La unidad de control calcula, en función de las condiciones momentáneas de funcionamiento del motor, la presión necesaria para lograr una correcta pulverización del combustible en el cilindro. Así la presión teórica se establece principalmente en función de la carga y de las revoluciones del motor, alcanzándose ya el máximo valor de presión con medias cargas y regímenes de giro del motor.

Un valor de corrección muy a tener en cuenta es la temperatura del motor, limitándose el valor máximo de presión con bajas temperaturas o en la fase de precalentamiento del motor. Una vez calculado el valor, la unidad lo compara con la presión real registrada por el transmisor de alta presión del combustible, gobernando en función de la divergencia entre los mismos la válvula reguladora de combustible, logrando así que la bomba impela solamente el combustible necesario.

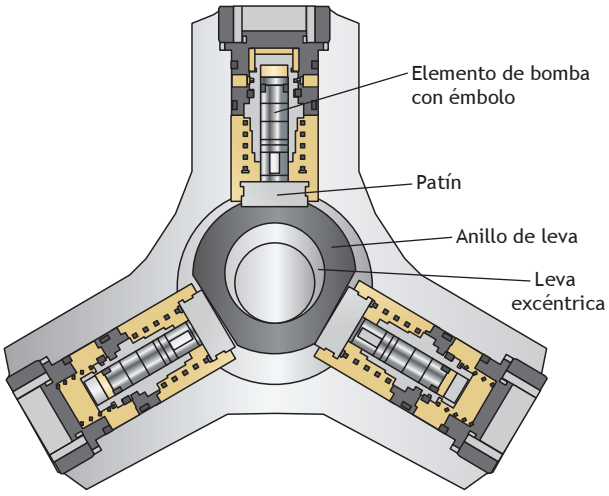
Bomba de alta presión

Va atornillada a la carcasa del árbol de levas y tiene la función de suministrar el combustible a presión a la rampa de inyección. Se trata de una bomba radial de 3 cilindros accionada por el árbol de levas de admisión. Con los tres elementos de bomba situados a 120° se mantienen reducidas

Inyección directa de gasolina BOSCH

El sistema de inyección directa de gasolina BOSCH denominado MED trabaja según el principio de funcionamiento del Common Rail utilizado para la inyección diésel.

las fluctuaciones de la presión en el tubo distribuidor de combustible (figura 4.134). Asume la función de establecer una presión de hasta 100 bar en el sistema de combustible de alta presión.



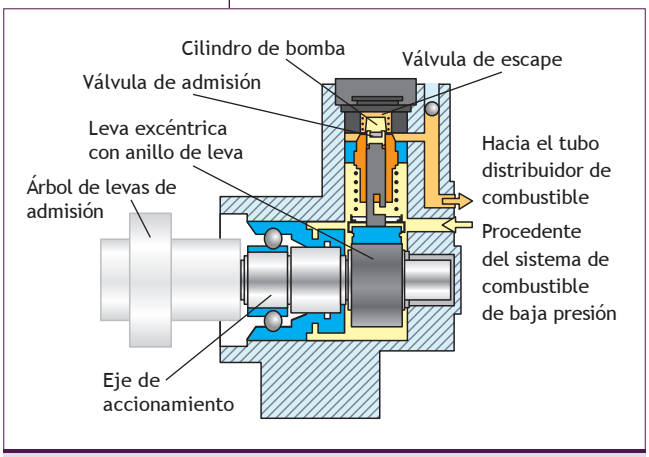
4.134. Sección de la bomba de alta presión.

El eje de accionamiento de la bomba de combustible de alta presión es impulsado por el árbol de levas de admisión. En el eje de accionamiento hay una leva excéntrica, que soporta un anillo de leva. Al girar el eje de accionamiento, la leva excéntrica con el anillo de leva establece los movimientos de ascenso y descenso del émbolo de la bomba (figura 4.135).

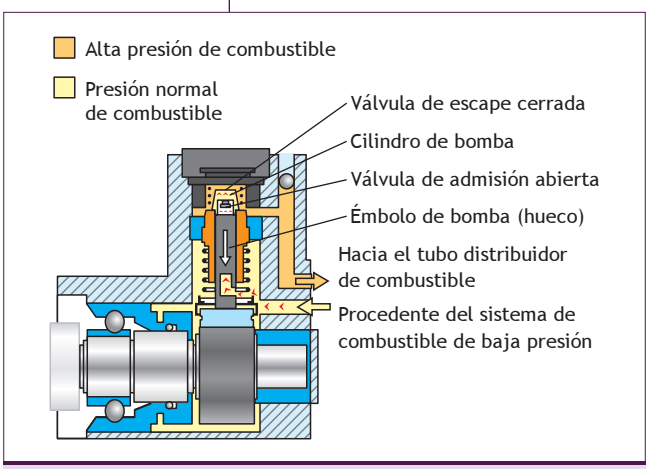
- Durante el movimiento descendente se aspira el combustible del sistema de baja presión.
- Durante el movimiento ascendente se impele el combustible hacia el tubo distribuidor.

El combustible pasa del sistema de baja hacia la bomba de alta presión. Allí recorre el émbolo hueco de la bomba hacia la válvula de admisión.

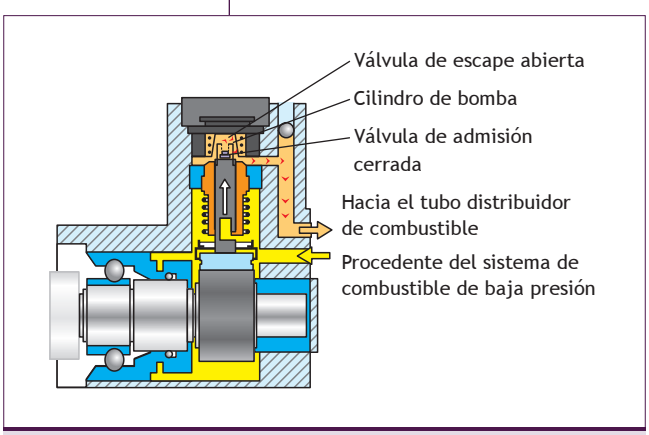
- **Carrera aspirante**. Durante el movimiento descendente del émbolo de la bomba aumenta el volumen en su cilindro y la presión desciende. En cuanto la presión en el émbolo hueco es superior a la del cilindro de la bomba, la válvula de admisión abre y permite que el combustible refluya (figura 4.136).
- **Carrera impelente.** Con el comienzo del movimiento ascendente que efectúa el émbolo de la bomba aumenta la presión en su cilindro y la válvula de admisión cierra. Si la presión en el cilindro de la bomba es superior a la del tubo distribuidor, la válvula de escape abre y el combustible es impelido hacia el tubo distribuidor (figura 4.137).



4.135. Sección de un elemento de bomba.



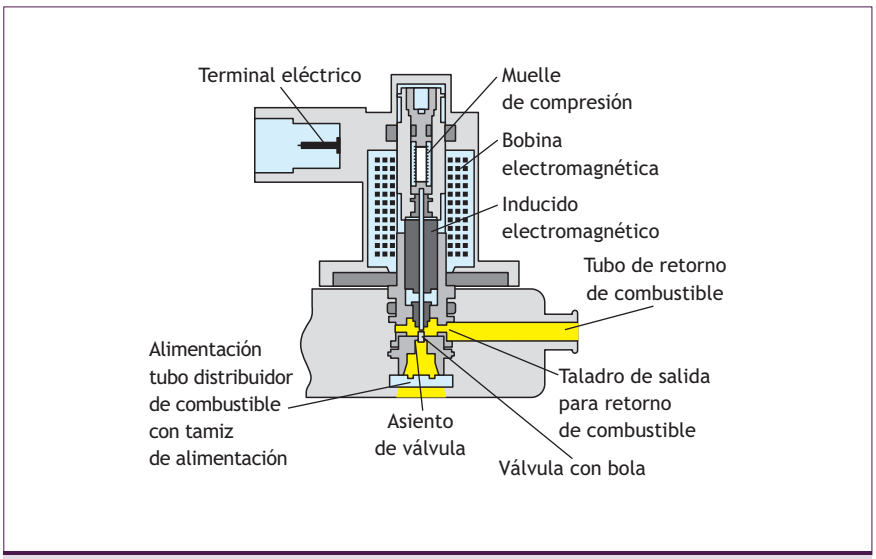
4.136. Carrera aspirante de un émbolo de la bomba de alta presión de inyección.



4.137. Carrera impelente de un émbolo de la bomba de alta presión de inyección.

Válvula reguladora de presión de combustible

Si se presentan diferencias con respecto a la presión teórica, **la unidad de control del motor excita la válvula reguladora de la presión del combustible por medio de una señal modulada en anchura de los impulsos**. A raíz de ello se crea un campo magnético en la bobina y la válvula con la bola de cierre despega de su asiento (figura 4.138).



4.138. Válvula reguladora de presión de combustible.

En función de la magnitud de la señal, se modifica de esta forma la sección de paso hacia el tubo de retorno y, con esta, la cantidad de combustible que retorna, regulándose la presión correspondientemente.

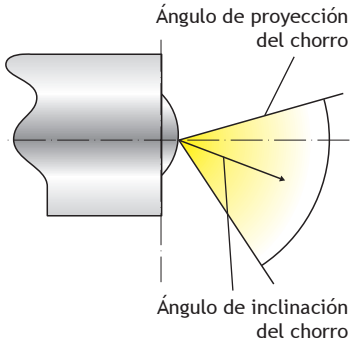
Inyectores

Van fijados a la culata e inyectan el combustible a alta presión directamente al interior del cilindro. Su misión es la de inyectar el combustible en un tiempo mínimo, adecuadamente pulverizado y de forma específica según el modo operativo momentáneo.

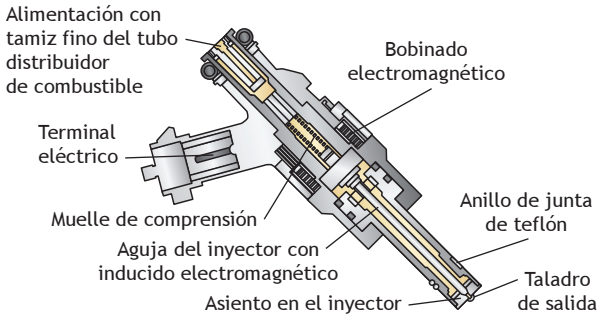
Así, por ejemplo, en el **modo estratificado** se posiciona el combustible de forma concentrada en la zona de la bujía, mientras que en los **modos homogéneo-pobre y homogéneo** se pulveriza de un modo uniforme en toda la cámara de combustión.

Con un ángulo de proyección del chorro de 70° y un ángulo de inclinación del chorro de 20° se tiene dado un posicionamiento exacto del combustible, sobre todo en el modo estratificado (figura 4.139).

Durante el ciclo de la inyección se excita el bobinado electromagnético en el inyector y se genera un campo magnético (figura 4.140). A raíz de ello se atrae el inducido con la aguja, con lo cual abre el inyector y proyecta el combustible. Al dejarse de excitar el bobinado se neutraliza el campo magnético y la aguja es oprimida por el muelle de compresión contra su asiento en el inyector. El flujo del combustible queda interrumpido.



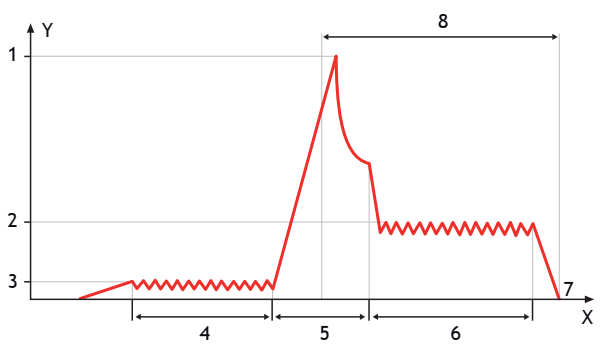
4.139. Ángulo de proyección de un inyector.



4.140. Detalle de un inyector electromagnético para inyección directa de gasolina.

Los inyectores de alta presión se excitan por medio de un circuito electrónico en la unidad de control del motor. La alimentación eléctrica por parte de la UCE se puede descomponer en tres fases bien diferenciadas (figura 4.141):

- **Fase de precarga o de preexcitación**. Se prepara al inyector para su apertura, en donde se permite mejorar y provocar una subida rápida de la aguja de la electroválvula. La alimentación es aproximadamente de 12 V y con un consumo de 1 A.
- **Fase de llamada o de acción**. El objetivo es provocar una subida rápida de la aguja de la electroválvula mediante una breve premagnetización. La tensión oscila entre los 77 y 90 V (según versión) y una corriente de 10 a 11,5 A aproximadamente.
- **Fase de mantenimiento o de sostenimiento**. Con el inyector abierto al máximo se permite alimentar la electroválvula del inyector con 30 V y una corriente aproximada de 2,5 A, consiguiendo una limitación de la potencia eléctrica absorbida.

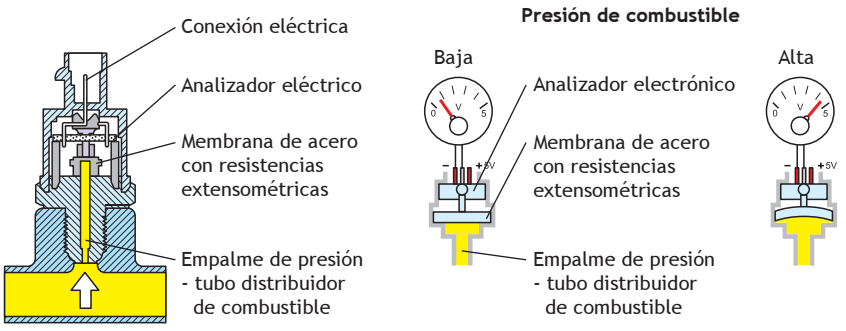


1 Corriente de llamada
2 Corriente de mantenimiento
3 Corriente de precarga
4 Fase de precarga
5 Fase de llamada
6 Fase de mantenimiento
7 Fin de mandato
8 Tiempo de apertura de inyección
X Tiempo
Y Amperios

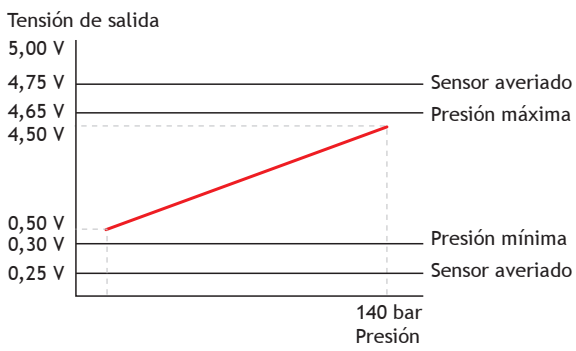
4.141. Corriente de mando de los inyectores de inyección directa de gasolina.

Sensor de alta presión de combustible

Se encuentra atornillado al tubo distribuidor de combustible y tiene como objetivo registrar la presión de este mediante **resistencias piezorresistivas** integradas en una membrana de acero (figura 4.142).



4.142. Sensor de alta presión y tensión obtenida en función de la presión.



4.143. Gráfica de la señal del sensor de presión de combustible para inyección directa de gasolina.

Un circuito electrónico amplifica la señal de salida del sensor hacia la UCE (figura 4.143).

Con esta señal, la UCE regula la presión del combustible en el circuito de alta, adecuándola a la solicitud de **carga y régimen del motor.**

El funcionamiento del sensor reside en la flexión de la membrana de acero por la acción de la presión de combustible que fluye hasta la misma. Con **altas presiones** la membrana sufre una gran deformación, provocando una reducción del valor de las resistencias y, por lo tanto, un aumento de la señal de tensión de salida. Con **bajas presiones** la membrana se deforma levemente, aumentando el valor de la resistencia y provocando con ello una reducción de la señal de tensión de salida.

La tensión de las señales se intensifica en el circuito electrónico y se transmite a la unidad de control del motor. La regulación de la presión del combustible se lleva a cabo con ayuda de la válvula reguladora de presión del combustible.

>> Actividades propuestas

5·· Comprueba la presión de combustible en la zona de baja presión mediante un manómetro y contrástala con la especificada por el fabricante.

6·· Comprueba las presiones que se obtienen en la zona de alta presión en diferentes estados del motor (arranque, ralentí, carga parcial y plena carga) con la ayuda de un equipo de diagnosis.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cuáles son las características principales de un sistema L-Jetronic?

2·· ¿Qué misión tiene el regulador de presión del sistema L-Jetronic?

3·· ¿Qué significa el modelo de pulverización de los inyectores?

4·· ¿Cómo está constituido un caudalímetro de aleta-sonda?

5·· Cita las comprobaciones que se realizan sobre un caudalímero de aleta-sonda.

6·· ¿Cómo funciona el caudalímetro de hilo caliente?

7·· ¿Qué dos métodos de arranque en frío se pueden dar en un sistema de inyección electrónica no combinado?

8·· ¿Qué es un sistema de inyección electrónica combinado?

9·· ¿Qué misión tienen los potenciómetros de una mariposa motorizada?

10·· ¿Qué función tiene el caudalímetro de flujo inverso?

11·· ¿Qué misión tiene el sensor MAP?

12·· ¿Cómo está constituido el transmisor de posición del acelerador?

13·· ¿Cuáles son los componentes principales del inmovilizador electrónico?

14·· ¿En qué consiste el multiplexado?

15·· ¿Para qué se utiliza el motor paso a paso de la electroválvula de ralentí?

16·· ¿Cómo está constituida la electroválvula del sistema de distribución variable?

17·· ¿Cuál es la característica principal de un sistema monopunto?

18·· ¿Qué función tiene la centralita de un sistema monopunto?

19·· Explica el funcionamiento estratificado de un motor de inyección directa de gasolina.

20·· ¿Qué presiones se dan en el circuito de baja y alta presión de un sistema de inyección directa de gasolina?

.: APLICACIÓN :.

1·· Identifica sobre el vehículo los componentes de un sistema de inyección electrónica combinado y no combinado.

2·· Realiza todas las comprobaciones posibles sobre un inyector electrónico.

3·· Verifica el correcto funcionamiento de un caudalímetro de aleta-sonda.

4·· Comprueba y ajusta el nivel de CO en un vehículo con caudalímetro de hilo caliente.

5·· Comprueba el sistema de alimentación en un sistema electrónico de inyección indirecta de gasolina.

6·· Comprueba los potenciómetros de una mariposa motorizada.

7·· Identifica los componentes de un sistema monopunto.

8·· Identifica sobre el vehículo los componentes principales de un sistema de inyección directa de gasolina.

Caso final

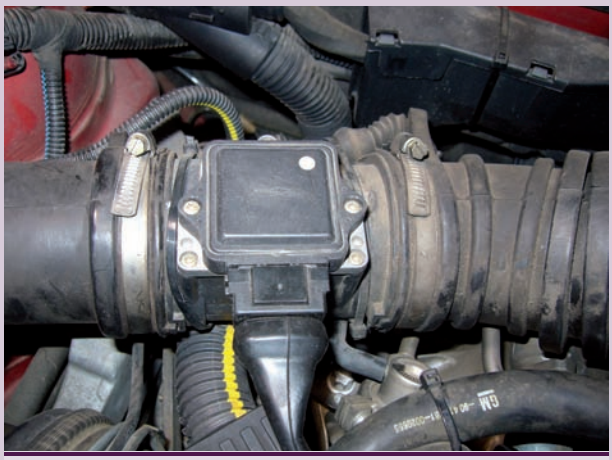
Comprobación de un caudalímetro de hilo caliente

•• Llega un vehículo al taller con problemas de marcha del motor en ralentí, con falta de potencia y emisión de una mayor cantidad de gases de escape negros.

Solución •• Sin duda estamos ante un claro indicio de fallo del sensor de aire del motor o caudalímetro (figura 4.144), aunque los fallos anteriormente descritos pueden ser por problemas en los siguientes elementos:

- Electrónica del caudalímetro.
- Tomas de aire adicionales del colector de admisión.
- Filtro de aire obstruido.

El sensor incorpora una malla (figura 4.145) que evita la entrada de suciedad a su interior, aparte de ser un rectificador de caudal. Un filtrado insuficiente o defectuoso por parte del filtro de aire puede conllevar su obstrucción y, por tanto, un fallo.

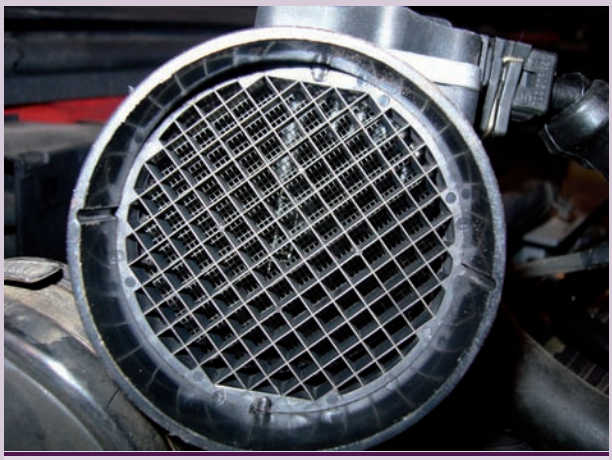


4.144. Caudalímetro.

Para el reconocimiento de la avería se hace imprescindible un lector de memoria de averías o máquina de diagnosis con el objetivo de obtener los códigos correspondientes al elemento que esté dando el fallo. No obstante, se considera muy útil poder comprobar este sensor de una forma rápida y manual.

La verificación de este tipo de componentes se puede realizar con un multímetro en un breve espacio de tiempo, basándose siempre en los datos del fabricante del vehículo.

La comprobación de este elemento se desarrollará en los siguientes procesos:



4.145. Malla de entrada del caudalímetro.

Comprobación visual. Con el motor parado, se quitará el contacto y se desmontará el caudalímetro de su ubicación, comprobando visualmente la ausencia de daños o desgaste.

Se arrancará el motor hasta que alcance su temperatura de funcionamiento, con ralentí estable y comprobando el nivel de CO. Posteriormente se parará el motor.

Comprobación de la conexión a masa. Asegurándonos de que no está el contacto dado, se desconectará el conector del sensor y se comprobará la resistencia entre el terminal (1) del conector del mazo de cables y masa. El resultado correcto será de 0 Ω.

Nota: cuando quitemos el conector es imprescindible que no esté el contacto dado porque durante la desconexión se pueden provocar picos de tensión que pueden destrozar la electrónica que controla al caudalímetro.

Comprobación de la tensión de alimentación.

Con el conector desenchufado y con el contacto dado, se comprobará la tensión entre los terminales del conector del mazo de cables y masa, obteniéndose los siguientes resultados:

- Tensión de alimentación: entre el terminal 3 y masa, se obtendrá tensión de batería (figura 4.146).
- Tensión de referencia procedente de la unidad de mando que alimenta al sensor de temperatura de aire: entre el terminal 4 y masa, se obtendrá entre 4,5 y 5,2 V (figura 4.147).

4.146. Comprobación de la tensión de alimentación.

Comprobación dinámica de tensión.

Se desconectará el capuchón del conector múltiple del caudalímetro y se medirá con puntas especiales en los conductores en la parte trasera del conector entre el terminal 2 y masa (figura 4.148).

4.147. Comprobación de la tensión de alimentación del sensor de temperatura del aire.

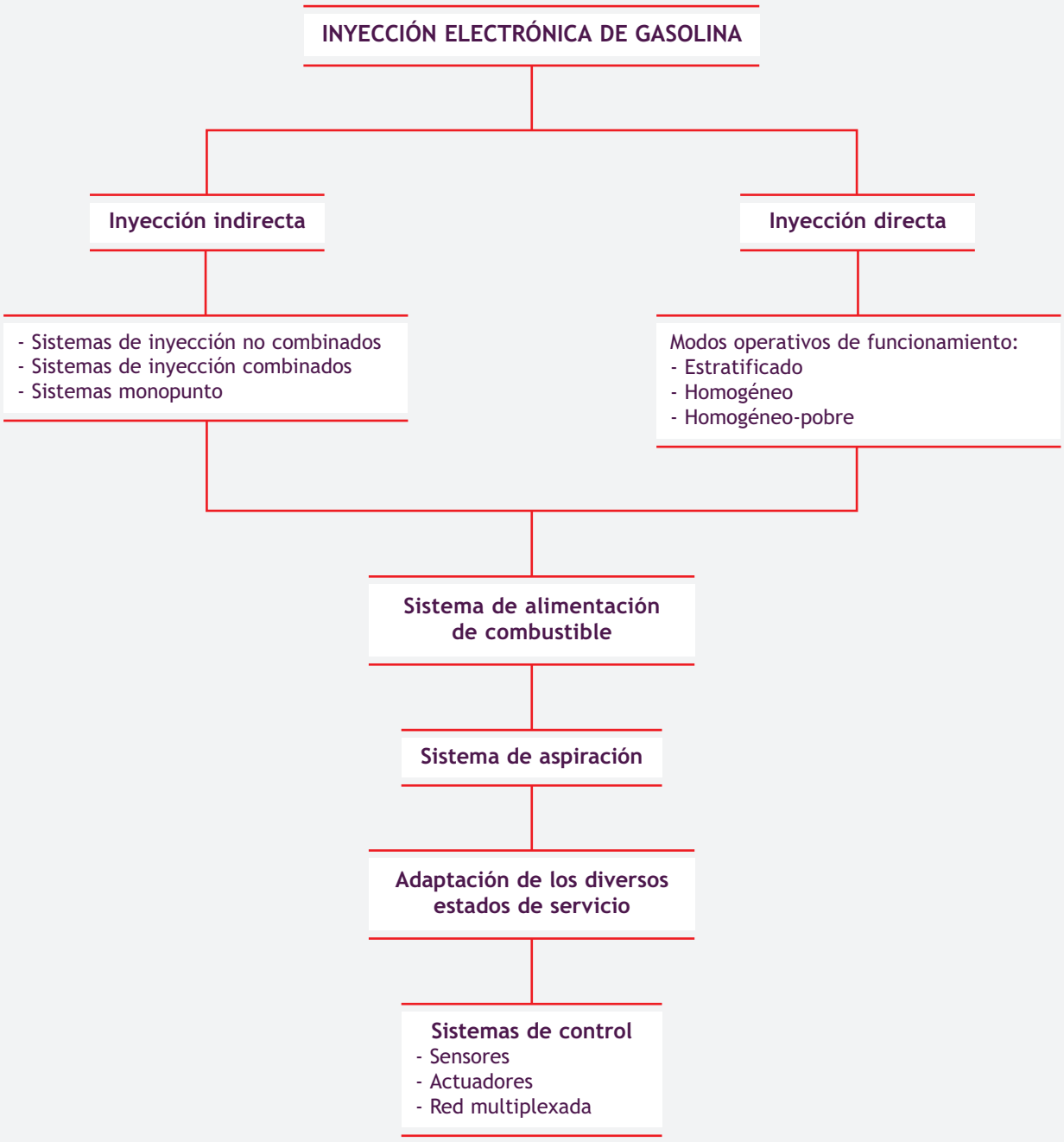
4.148. Comprobación de la tensión dinámica.

A continuación, se girará la llave de contacto a la posición de encendido y se arrancará el motor hasta su temperatura de funcionamiento. En este momento, se comprobarán las **tensiones a diferentes regímenes de funcionamiento (prueba dinámica) según marque el fabricante.**

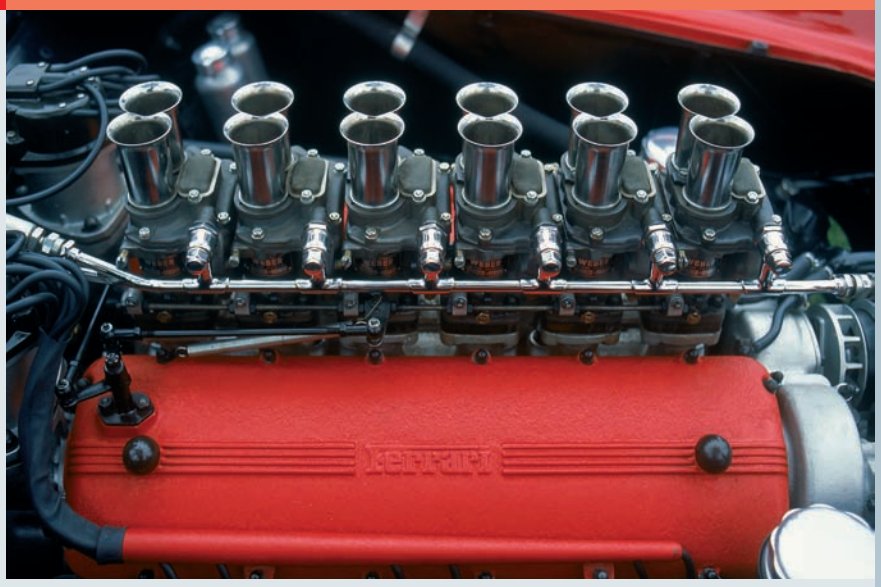
Para un modelo en concreto los valores resultantes quedan reflejados en la siguiente tabla.

Estado de funcionamiento	Tensión aproximada resultante
Contacto dado	0,3 V
Motor al ralentí	0,7 V
2 000 rpm	1,1 V
3 000 rpm	1,8 V
4 000 rpm	2,2 V

Ideas clave


INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA
Inyección indirecta
Inyección directa
- Sistemas de inyección no combinados
- Sistemas de inyección combinados
- Sistemas monopunto
Modos operativos de funcionamiento:
- Estratificado
- Homogéneo
- Homogéneo-pobre
Sistema de alimentación de combustible
Sistema de aspiración
Adaptación de los diversos estados de servicio
Sistemas de control
- Sensores
- Actuadores
- Red multiplexada

MOTORES DE INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA



Los sistemas a inyección directa de combustible "DI" han permitido aumentar la potencia sin la necesidad de incrementar el cilindraje de los motores. Fabricantes como Audi que utilizan esta tecnología han producido motores más potentes, con menores niveles en consumo de combustible y emisiones de CO_2. Esta tecnología ha sido ahora palpada por el constructor de carros exóticos Ferrari, quien ha visto los beneficios que se pueden alcanzar con su uso. Por ende, aspira introducirla en los futuros modelos del Enzo para 2009. Audi es sin duda ahora el gran referente del fabricante italiano, visto el enorme éxito alcanzado con la "inyección directa" en muchos motores. No cabe duda de que Audi es la marca líder en innovación automovilística.

Los primeros en hacer uso de esta tecnología en la marca Ferrari serán los nuevos F-430, quienes se verán favorecidos con un aumento de 10% en la potencia. El uso de la "inyección directa" supone un total rediseño en la culata de los motores Ferrari: nuevas cabezas cilíndricas, válvulas, tomas de aire y sistemas de admisión. Todo tendrá que ser actualizado para poder gozar de mayor potencia y menores niveles de emisiones. Se calcula un 40% menos de gases contaminantes, lo que mejorará la tasa de polución de estos superautos.

La tecnología "DI" se incorporará también en los modelos 612 Scaglietti y 599 GTB Fiorano. Estos modelos recibirán también una mejora del 5 al 8% en consumo de combustible. Será definitivamente un gran paso para Ferrari hacer uso de este sistema, que al parecer se convertirá en un elemento estándar para los carros del mañana.

www.automoviles.aol.com
29 sept de 2007

unidad 5

Anticontaminación

SUMARIO

- Combustibles
- Gases en el escape
- Normativa europea
- Control de emisiones
- Ventilación del depósito de combustible y del bloque
- Filtro de partículas
- EOBD

OBJETIVOS

- Conocer los tipos de gases que se producen durante la combustión.
- Conocer la normativa europea.
- Analizar el contenido de gases en el escape.
- Estudiar los dispositivos utilizados en el motor para disminuir la emisión de gases contaminantes.
- Analizar los tratamientos que se llevan a cabo sobre los gases de escape para disminuir su efecto contaminante.

1 >> Combustibles

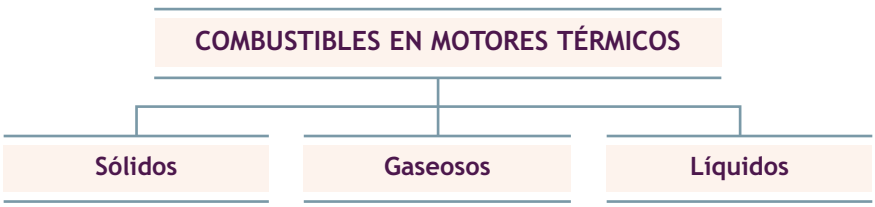
Un porcentaje elevado de emisiones contaminantes provienen de los combustibles utilizados en automoción. Esta contaminación se produce porque los combustibles no se combustionan de forma completa, con lo que se producen componentes denominados **inquemados.**

> **El combustible es toda sustancia que, al reaccionar con el oxígeno del aire, arde rápidamente con gran producción de calor. El combustible en los automóviles es una mezcla de hidrocarburos compuesta básicamente de carbono y de hidrógeno. El combustible constituye el elemento básico de funcionamiento en los motores térmicos.**

En los automóviles actuales se utilizan dos tipos de motores térmicos:

- De combustión interna de explosión, que usan la gasolina como combustible.
- De combustión interna de compresión, que usan el gasóleo como combustible.

La misión de ambos es transformar la energía química de los combustibles en energía mecánica. La clasificación de los combustibles en motores térmicos según su estado físico es:



Según el tipo de motor, se requieren unas características específicas del combustible:

- En un motor de **ciclo otto:** la volatilidad del combustible y su resistencia a la detonación.
- En un motor de **ciclo diésel:** encendido fácil para la combustión espontánea.

1.1 > La gasolina y sus propiedades

> **La gasolina es una mezcla de hidrocarburos líquidos incoloros, volátiles y fácilmente inflamables, formada por los compuestos obtenidos en la destilación y craqueo del petróleo. Su punto de ebullición está comprendido entre 60 y 200 °C.**

La gasolina obtenida mediante destilación fraccionada y *cracking* contiene impurezas y posee propiedades detonantes no adecuadas. Por esta razón es sometida a diversos tratamientos para eliminar el azufre y sus derivados, estabilizar sustancias susceptibles de formar polimerización y mejorar su propiedades antidetonantes.

Los hidrocarburos de la gasolina son de peso molecular no muy elevado. Debe ser volátil, para que se queme fácilmente y para mejorar el arranque en frío, pero no tanto como para formar demasiados vapores.

Lluvia ácida

La lluvia ácida se produce cuando las gotas de agua que forman las nubes contienen óxidos de azufre y nitrógeno procedentes de la combustión del carbón y del petróleo en centrales eléctricas, en pequeñas y grandes industrias, en viviendas y en vehículos, principalmente. Estos óxidos se convierten en ácidos, que se precipitan a la Tierra, produciendo daños en el agua, en el suelo, en las construcciones y en la salud de los animales y del ser humano.

Cracking

Proceso de descomposición de los hidrocarburos pesados en otros de moléculas más sencillas, por medio de calor y con frecuencia también de catalizadores. El proceso de *cracking* empleado en la industria del petróleo presenta dos variantes:

- *Cracking* térmico.
- *Cracking* catalítico.

V Vocabulario

Craqueo: proceso químico por el cual un compuesto, normalmente orgánico, se descompone o fracciona en compuestos más simples. El craqueo térmico consiste en la ruptura de las cadenas carbonadas mediante el aporte de calor (400-650 °C). El craqueo catalítico mejora el craqueo térmico mediante el empleo de catalizadores.

Las principales características de la gasolina son las siguientes:

Resistencia a la detonación. Número de octanos

La detonación es la combustión espontánea e incontrolada de todas las partículas que no han sido alcanzadas por la llama regular. Produce violentas oscilaciones de presión que provocan un golpeteo metálico característico, parecido a un tintineo.

La detonación es característica de los motores otto. Si las oscilaciones de presión son fuertes y prolongadas pueden llegar a producir graves defectos en las válvulas y los pistones.

El poder antidetonante mide la resistencia a la detonación de un carburante. Esta resistencia se mide por el número de octanos (RON - *Research Octane Number*) que indica la actitud del combustible para soportar, sin detonación, compresiones elevadas.

El número de octanos de un combustible (NO) depende de su composición química. Los hidrocarburos más resistentes a la detonación son los hidrocarburos aromáticos. Por lo tanto, cuanto más elevado sea el número de octanos de un combustible, mayor será su capacidad para resistir la detonación y más alta podrá ser la relación de compresión del motor. La potencia y el consumo específico del motor dependen de la relación de compresión y, por tanto, del índice de octanos del combustible.

El NO de una gasolina se obtiene por comparación del poder antidetonante de la misma con el de una mezcla de **isoctano** (C_8H_{18}) y **heptano** (C_7H_{16}). Al isoctano se le asigna un poder antidetonante de 100 y al heptano, de 0. Por ejemplo, una gasolina de 97 octanos se comporta, en cuanto a su capacidad antidetonante, como una mezcla que contiene el 97% de isoctano y el 3% de heptano. El NO de los carburantes se puede elevar añadiendo pequeñas dosis de sustancias antidetonantes. Las más utilizadas son a base de **plomo tetraetilo** o de **plomo tretametilo,** sustancias muy tóxicas para el organismo. Además, el plomo deteriora muy rápidamente las sondas lambda y los catalizadores, componentes que se utilizan para eliminar las emisiones contaminantes en el escape.

Con el paso de los años la legislación ha impuesto la desaparición del plomo de las gasolinas, teniendo una presencia máxima de 0,013 gramos por litro y además ha aumentado la presencia de hidrocarburos aromáticos. Por otra parte, se ha abierto un nuevo camino para conseguir aumentar el número de octanos mediante el empleo de unos compuestos orgánicos especiales llamados MTBE (Metil Ter-Butil Eter). Hoy día se pueden encontrar gasolinas con buena resistencia a la detonación gracias a la mezcla de diversos componentes de refinería.

El número de octanos en la gasolina

Internacionalmente hay dos procedimientos diferentes para determinar el octanaje:

- Método Research ROM: determinante para la detonación en aceleración.
- Método Motor MOM: describe las propiedades de detonación a alta velocidad.

Vocabulario

Octano: hidrocarburo alifático saturado de 8 átomos de carbono. Es líquido, incoloro, soluble en alcohol, acetona e insoluble en agua. Es inflamable. El octano se emplea como disolvente y en síntesis orgánica.

Su fórmula semidesarrollada es:

$CH_3 - (CH_2)_6 - CH_3$

Vocabulario

Heptano: hidrocarburo saturado de siete átomos de carbono. Líquido incoloro y muy inflamable, soluble en alcohol, éter y cloroformo e insoluble en agua. Se emplea como anestésico y disolvente.

Su fórmula semidesarrollada es:

$CH_3 - (CH_2)_5 - CH_3$

Volatilidad

La volatilidad es la capacidad que tienen los líquidos para evaporarse.

Para garantizar un buen comportamiento de marcha, las características de volatilidad de los combustibles otto deben satisfacer altas exigencias:

- Deben estar contenidos con suficientes componentes volátiles para garantizar un arranque en frío seguro.
- No debe ser demasiado alta ya que a temperaturas elevadas se forman bolsas de vapor que pueden producir problemas de marcha y de arranque en caliente. Además, para la protección del medio ambiente, deben mantenerse reducidas las pérdidas por evaporación.

Poder calorífico

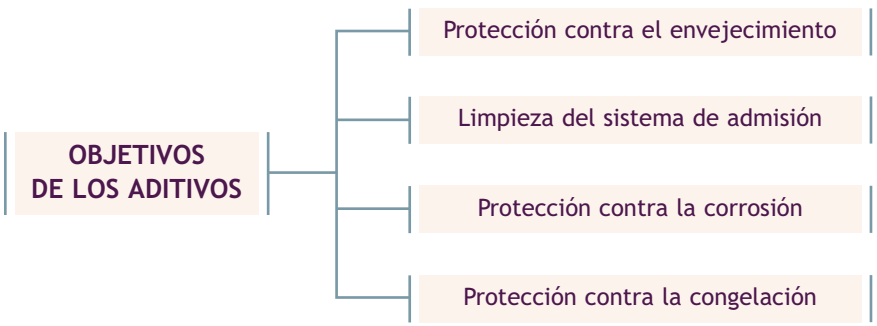
El poder calorífico es el número de calorías que es capaz de suministrar un kilogramo de combustible, es decir, la energía del combustible, que en el caso de la gasolina corresponde a 10 400 kilocalorías por kilogramo.

El poder calorífico varía con la cantidad de carbono y de hidrógeno: cuanto mayor es la cantidad de hidrógeno mayor es el poder calorífico. Es evidente que, con el resto de los factores en las mismas condiciones, a un mayor poder calorífico corresponde un menor consumo de combustible.

Aditivos

Los aditivos para gasolinas están formados por varios componentes que cumplen una función específica. Estos determinan la composición de los hidrocarburos y la calidad de los combustibles.

Los aditivos persiguen los siguientes objetivos:



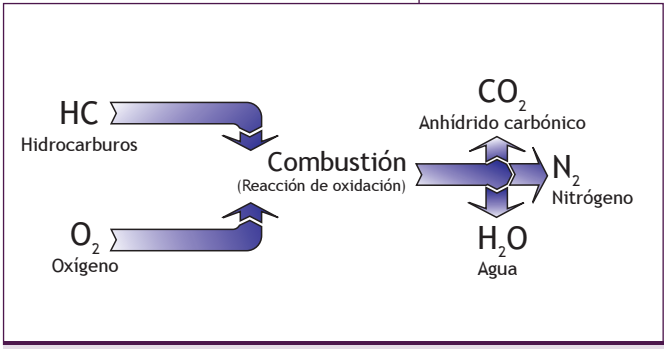
Densidad

La densidad de un producto es su masa por unidad de volumen a una temperatura dada. Es un índice que sirve para diferenciar los distintos tipos de combustible.

Los órganos que regulan la alimentación del motor están concebidos en función del volumen y no de la masa del combustible. Por otra parte, para obtener una combustión regular, es necesario asegurar una relación correcta entre las masas de aire y de combustible, por tanto, es conveniente que la densidad sea lo más constante posible en cada tipo de combustible; aproximadamente la de la gasolina oscila entre 0,71 y 0,76 kg por litro a 15 °C.

1.2 > Proceso de combustión en el motor otto

En el motor de gasolina se produce una combustión como consecuencia de una reacción química entre el **combustible,** mezcla de hidrocarburos compuestos principalmente por carbono e hidrógeno, y el **comburente,** el oxígeno contenido en el aire.



5.1. Esquema de combustión perfecta.

En el caso teórico de **combustión perfecta**, el carbono se une al oxígeno del aire para formar dióxido de carbono (CO_2) y el hidrógeno se une con el oxígeno formando agua (H_2O), además de obtenerse nitrógeno (N_2) (figura 5.1). Estos productos no contaminantes por la combustión de las gasolinas se generan siempre y cuando se cumpla la proporción óptima o **mezcla estequiométrica.** Esta proporción es 1 g de combustible por cada 14,7 g de aire, o expresado de otra forma, relación en peso entre gasolina y aire igual a 1 : 14,7.

$$C + O_2 + N_2 \rightarrow CO_2 + N_2$$
$$2H_2 + O_2 + N_2 \rightarrow 2\,H_2O + N_2$$

Casi nunca se da esta proporción y por ello surgen otras sustancias contaminantes, como por ejemplo:

- **Monóxido de carbono (CO).** Se trata de un compuesto conocido y tóxico que en contacto con el aire libre se une con el oxígeno para formar **dióxido de carbono (CO_2).**
- **Hidrocarburos (HC)** no quemados. Son causados por un exceso de gasolina en la mezcla o como consecuencia de una combustión incompleta.
- **Óxidos nítricos (NO_X).** Se forman a partir del nitrógeno contenido en el aire procedente de la combustión.

Además, las emisiones en el escape están constituidas por un elevado número de compuestos (más de 200) generados durante el proceso de combustión. En cuanto al aire, su composición cuando es seco se establece en las siguientes proporciones en volumen:

- 78% de nitrógeno (N_2).
- 21% de oxígeno (0_2).
- 1% de otros gases: hidrógeno (H_2), anhídrido carbónico (CO_2) y argón (Ar).

Estos gases no participan en la combustión y se pueden considerar gases inertes. En los motores actuales no puede conseguirse una combustión perfecta por distintas razones:

- Las exigencias de prestaciones del motor y su campo de empleo hacen que sea necesario modificar continuamente la relación aire-combustible y, por consiguiente, la combustión se realiza algunas veces con falta o exceso de oxígeno, es decir, mezcla rica o pobre respectivamente.
- Los elevados regímenes reducen el tiempo disponible para completar las reacciones químicas.
- La gran temperatura generada durante la combustión provoca, en condiciones de exceso de oxígeno, la formación de óxidos de nitrógeno (NO_X) que, además de ser contaminantes, disminuyen el oxígeno necesario para completar la combustión.

Motores de encendido provocado

Los motores de gasolina también son conocidos como motores de encendido provocado (MEP).

La riqueza de la mezcla es la relación entre el dosificado real y el de la relación estequiométrica. Se representa mediante el coeficiente lambda (λ).

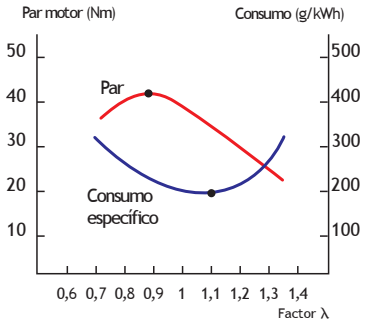
$$\lambda = \frac{\text{Peso real de aire consumido por kg de gasolina}}{\text{Peso teórico de aire que se debería consumir por kg de gasolina}} = \frac{x}{14{,}7}$$

Dependiendo de la proporción entre el aire y la gasolina existen tres tipos de mezcla (figura 5.2):

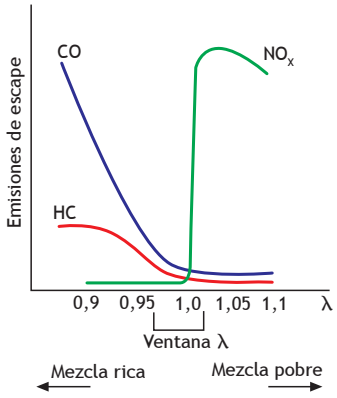
- **Mezcla estequiométrica.** Corresponde a una relación aproximada en peso de 1 : 15, es decir, 1 gramo de combustible por cada 15 gramos de aire.
- **Mezcla rica.** Existe defecto de aire. La proporción de gasolina respecto al aire es mayor que en una mezcla estequiométrica. La máxima potencia es dada para la relación de mezcla de entre 12 y 13.
- **Mezcla pobre.** Existe exceso de aire. La proporción de gasolina respecto al aire es menor que en una mezcla estequiométrica. Mínimo consumo específico para una relación de entre 15 y 16,5.

Observando la figura 5.3 se hace evidente una dificultad a la hora de limitar contemporáneamente los tres contaminantes principales del motor de ciclo otto (CO, HC y NO_x) únicamente con el control de la dosificación: en la zona de utilización práctica del motor (λ = 0,9 a 1,1) a los valores mínimos de las emisiones de CO y HC le corresponde el máximo de los NO_x.

Para poder realizar al mismo tiempo una reducción drástica de CO y NO_x y obtener un buen control de los HC sería necesario asegurar una combustión completa con dosificaciones siempre superiores a 1,05. Esto implica una serie de soluciones técnicas innovadoras y requiere el uso de motores con características específicas para poder asegurar el funcionamiento correcto en todas las condiciones con dosificaciones pobres.



5.2. Curvas de par motor y consumo específico en función del factor lambda.



5.3. Emisión de contaminantes en función de la riqueza de mezcla.

>> Actividades propuestas

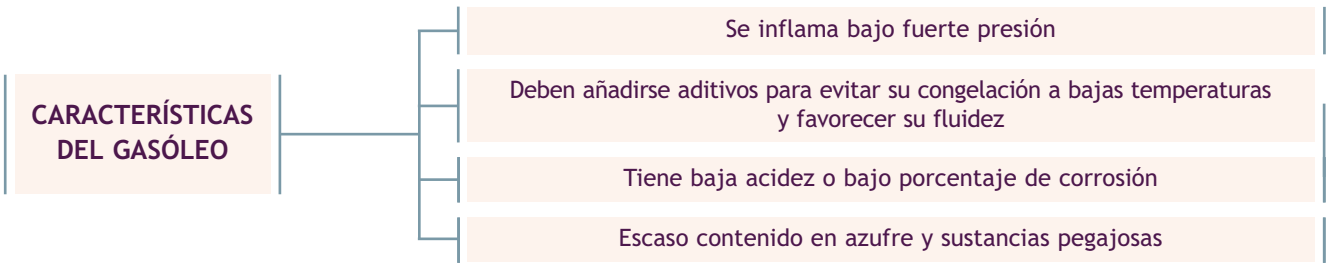
1·· Relaciona los posibles inconvenientes de la gasolina en las siguientes condiciones con sus posibles causas:

Falta de rendimiento del motor por:	- Índice de octano deficiente. - Presencia de agua en el carburante.
Rumorosidad (picado) y falta de rendimiento del motor por:	- Índice de octano deficiente.
Dificultad en el arranque del motor por:	- Índice de volatilidad del carburante deficiente.
Motor no arranca por:	- Presencia de gasóleo en el carburante. - Presencia de agua en el carburante.
Encendido del indicador óptico de anomalía en el sistema por:	- Índice de octano deficiente.

1.3 > El gasóleo y sus propiedades

El gasóleo es una mezcla de hidrocarburos obtenida por destilación fraccionada del petróleo.

Las principales características del gasóleo se resumen en:



Tanto el azufre como las sustancias pegajosas son productos resinosos que bien pueden encontrarse en el combustible o formarse por una excesiva oxidación posterior. Ambos son productos dañinos para el motor porque pegan las piezas elásticas reduciendo así la estanqueidad.

La mezcla de hidrocarburos que forma el gasóleo es más pesada y menos volátil que la gasolina. Las propiedades más importantes del gasóleo son:

Número de cetanos

El número de cetanos (NC) es un índice de encendido del combustible en los motores diésel. Se utiliza un sistema de graduación para medir la calidad del gasóleo, en este caso con referencia a una mezcla de un hidrocarburo denominado cetano, $C_{16}H_{34}$ (grado 100), y alfametilnaftaleno, $C_{11}H_{10}$ (grado cero).

La mayoría del gasóleo para automóviles tiene un NC cercano a 50. Un NC elevado corresponde a un retraso reducido en el encendido, es decir, a una buena capacidad de combustión.

Punto de inflamabilidad

El punto de inflamabilidad de un combustible es la temperatura más baja a la cual el combustible desprende vapores en cantidad suficiente para inflamarse momentáneamente cuando se pone en contacto con una llama.

El valor en el gasóleo es superior a 55 °C.

V Vocabulario

Cetano: hidrocarburo saturado de 16 átomos de carbono. Es líquido, incoloro, soluble en alcohol, acetona y éter e insoluble en agua. Se emplea como disolvente y en síntesis orgánica.

Su fórmula semidesarrollada es:

C_{16} - H_{34}

Poder calorífico y densidad

El poder calorífico de un combustible es la cantidad de calor producida por la combustión completa de un kilogramo de esa sustancia. El poder calorífico del gasóleo está en torno a 10 500 kcal/kg.

El poder calorífico del combustible está asociado a su densidad: a mayor densidad mayor poder calorífico y, por ello, mayor energía disponible.

La densidad de un producto es la masa del mismo por unidad de volumen a una temperatura dada.

La densidad del gasóleo se encuentra alrededor de 0,83 kg por litro a 15 °C.

Punto de cristalización

El punto de cristalización de un combustible es la temperatura a la que aparece una nebulosidad por cristalización de la parafina.

La cristalización del gasóleo en los motores provoca obstrucciones en filtros y produce interrupción del flujo normal del combustible. El punto de cristalización del gasóleo debe estar entre −20 y −30 °C.

Contenido en azufre

El azufre forma óxidos que se combinan con el vapor de agua en la cámara de combustión formando ácido sulfúrico que es altamente corrosivo cuando se condesa (entre 80 y 88 °C).

El azufre está presente en el petróleo crudo. Cuanto más pesado es el combustible mayor es el contenido de azufre. El azufre se va eliminando durante el refinado y se acepta un máximo de 0,5% en una muestra de combustible.

Volatilidad

La volatilidad es la rapidez con la que una sustancia pasa del estado líquido o sólido a estado gaseoso.

Para determinar la volatilidad del gasóleo basta con saber la temperatura que hace falta para destilar el 90% de una muestra de dicho combustible. Cuanto menor sea la temperatura, mayor será su volatilidad.

Agua

El agua es más densa que el gasóleo, por ello puede originar problemas de excesiva presión en la bomba inyectora, además de contribuir al bloqueo de filtros y causar corrosión en el sistema de inyección.

El agua que llega al combustible es debida a la lluvia y la condensación nocturna en los depósitos.

Sedimentos

Los sedimentos son el conjunto de herrumbre, escamas, escoria, tierra, óxidos, precipitados orgánicos, etc. que llega al combustible una vez salido de la refinería.

La mayoría de estos sedimentos pueden eliminarse por filtrado, pero las partículas más pequeñas se eliminan por sedimentación o separación. Si aumenta la densidad del combustible aumenta el periodo de sedimentación.

Motores de encendido por compresión

Los motores diésel también son conocidos como motores de encendido por compresión (MEC).

Unidades de la viscosidad

Las unidades más comunes que se utilizan para expresar la viscosidad cinemática son Stokes (St) o centiStokes (cSt), donde 1 cSt = 0,01 St.

El hollín o "humo negro" del motor diésel

Este humo negro es visible ya que está compuesto por granos de carbono de dimensiones más grandes (hasta 2 mm). Se genera durante la combustión por falta de oxígeno en las finas gotas de gasóleo que, no evaporándose completamente, carbonizan en la parte central debido a la alta temperatura.

Congelación del gasóleo

La presencia de hidrocarburos específicos como ceras y parafinas en el gasóleo favorece su congelación a temperaturas muy frías.

Combustión incompleta

Las emisiones de óxido de carbono, hidrocarburos sin quemar y partículas se deben principalmente a una combustión incompleta. Por tanto, es necesario favorecer la combustión reduciendo todo lo posible el tiempo de retraso físico y químico y aumentando la velocidad de inflamación.

Viscosidad

La viscosidad mide la resistencia a fluir del combustible. Los valores para el gasóleo oscilan entre 1,9 y 4,1 centiStokes a 40 °C.

Una viscosidad alta origina problemas en la bomba inyectora. Puede llegar a tapar inyectores y sobrecargar de presión todo el sistema. La viscosidad también determina la forma de la pulverización de los inyectores, así:

- Alta viscosidad causa atomización pobre: no nebulosa.
- Baja viscosidad origina una débil atomización: poca penetración del frente.

Cenizas

Las cenizas se forman por metales y otros contaminantes sin quemarse.

Las cenizas pueden originar calentamiento excesivo en asientos de válvulas de escape y desgaste abrasivo por depósitos en camisa, aros, bomba inyectora, inyectores y turbo.

1.4 > Proceso de combustión del motor diésel

En motores de ciclo diésel la combustión se realiza de manera espontánea, ya que el combustible, inyectado al final de la fase de compresión, encuentra en el interior del cilindro las condiciones de temperatura y presión ideales para provocar el **autoencendido.**

Para garantizar una buena combustión de todas las partículas inyectadas debe haber exceso de aire de manera que la relación entre el aire aspirado y el combustible sea equivalente, como media, a 25 : 1. Este exceso de aire es necesario para obtener la combustión completa de todo el combustible inyectado. Las emisiones contaminantes de los motores diésel están compuestas, como en los motores de gasolina, por óxido de carbono (CO), hidrocarburos no quemados (HC) y óxidos de nitrógeno (NO_X), aunque en una cantidad menor.

El contaminante típico del motor diésel es el material particulado conocido como **hollín,** que está compuesto principalmente por partículas de carbono generadas en el cilindro del motor durante la combustión. Generalmente las partículas de hollín están divididas en tres partes fundamentales:

- **Sólidos:** partículas de carbón seco (hollín).
- **Fracción orgánica soluble (FOS):** hidrocarburos pesados absorbidos y condensados en partículas de carbón.
- **Sulfatos:** se encuentran en pequeñas cantidades en los combustibles.

>> Actividades propuestas

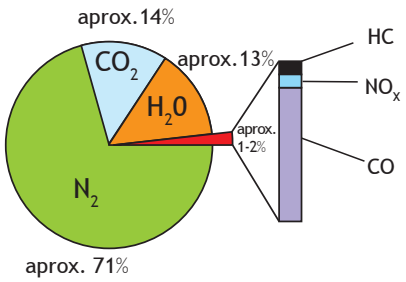
2·· ¿Cuándo es correcto el proceso de combustión?

3·· ¿Qué ocurre si repostas gasolina en vez de gasóleo o viceversa?

4·· ¿Qué características principales tiene una gasolina de competición?

2 >> Gases presentes en el escape

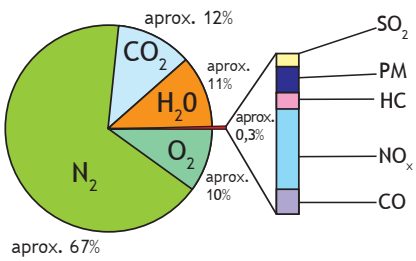
La composición aproximada de los gases que despiden los motores diésel y gasolina se resume en la figura 5.4.



N_2	Nitrógeno
O_2	Oxígeno
H_2O	Agua
CO_2	Dióxido de carbono
CO	Monóxido de carbono
NO_x	Óxidos nítricos
SO_2	Dióxido de azufre
Pb	Plomo
HC	Hidrocarburos

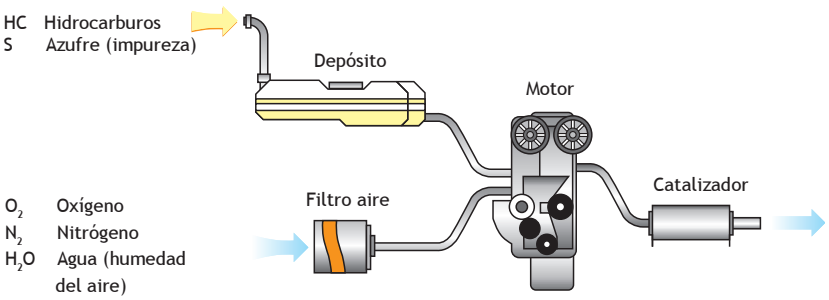
Partículas de hollín (MP)

Composición de los gases de escape en motores de gasolina



También los motores de gasolina pueden emitir dióxidos de azufre (anhídrido sulfuroso) SO_2 en pequeñas cantidades.

Composición de los gases de escape en motores diésel



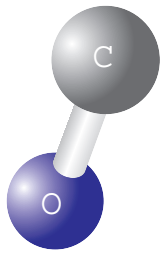
5.4. Componentes iniciales y finales de la combustión en el motor.

Los principales gases de escape de un vehículo están formados por:

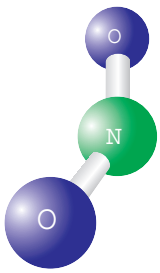
- Monóxido de carbono.
- Partículas de hollín.
- Óxido nítrico.
- Hidrocarburos.

Efecto invernadero

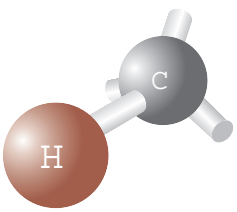
Consiste en la elevación de la temperatura del planeta provocada por la acción de un determinado grupo de gases, algunos de ellos producidos masivamente por el hombre. A pesar de que oficialmente es considerado como uno de los grandes riesgos existentes para el futuro del medio ambiente en todo el mundo, se trata de un fenómeno natural imprescindible para la vida. El problema surge cuando la acción del hombre agudiza su impacto, provocando un anormal aumento de la temperatura global.



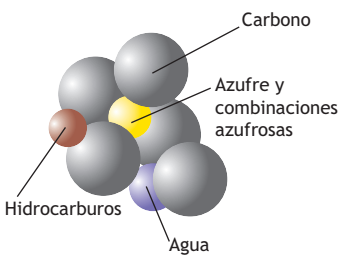
5.5. Partícula de monóxido de carbono.



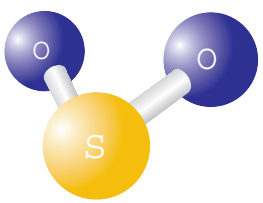
5.6. Partícula de óxido nitroso.



5.7. Partícula de hidrocarburo.



5.8. Partícula de hollín.



5.9. Partícula de dióxido de azufre.

2.1 > Gases tóxicos

Monóxido de carbono (figura 5.5)

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro y explosivo. Es altamente tóxico y puede llegar a ser mortal, pues bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos.

El CO se produce por una combustión incompleta de combustibles con carbono. En una concentración normal en el aire se oxida a corto tiempo formando dióxido de carbono CO_2.

Óxidos nítricos (figura 5.6)

El monóxido de nitrógeno (NO) es incoloro, inodoro e insípido, pero en presencia de oxígeno del aire se transforma en dióxido de nitrógeno, que es de color marrón rojizo y de olor penetrante. Es un gas venenoso que produce irritaciones del aparato respiratorio.

Estos óxidos se producen por la unión de moléculas de nitrógeno y de oxígeno sometidas a altas temperaturas y presión. Por ejemplo una partícula de nitrógeno y una de oxígeno forman el NO, dos de oxígeno y una de nitrógeno forman el NO_2, etc.

Cuanto más perfecta es la combustión en el motor, mayor es la temperatura y la presión en la cámara de combustión y, por consiguiente, mayor es la producción de NO_x.

Hidrocarburos (HC) (figura 5.7)

Los hidrocarburos son componentes no quemados del combustible. Su olor es penetrante y su color, azulado. Surgen en los gases de escape tras una combustión incompleta.

Los hidrocarburos (HC) se manifiestan en diferentes combinaciones: C_6H_6, C_8H_{18}, etc. y actúan de diverso modo en el organismo.

Algunos de ellos irritan los órganos sensoriales, mientras que otros son cancerígenos, como el benceno.

Partículas de hollín (MP) (figura 5.8)

Esta masa de partículas (*paticulate matter*) es generada en su mayor parte por los motores diésel. Su condición de partículas sólidas las convierte en sucias y molestas pudiendo ocasionar el taponamiento de las vías respiratorias.

Dióxido de azufre (figura 5.9)

El dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso (SO_2) es un gas incoloro, de olor penetrante y no combustible que interviene en una medida muy reducida en los gases de escape. Propicia enfermedades de las vías respiratorias.

Es posible disminuir las emisiones de dióxido de azufre reduciendo el contenido de azufre en el combustible.

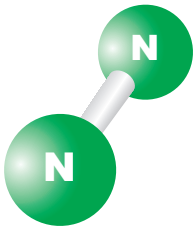
2.2 > Gases no tóxicos

Nitrógeno (figura 5.10)

El nitrógeno (N_2) es un gas no combustible, incoloro e inodoro. Es un componente elemental del aire (78%) y alimenta el proceso de la combustión junto con el aire de admisión.

La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape.

Es inerte, por lo que no se combina con ningún elemento, salvo una pequeña parte que se combina con el oxígeno (O_2) formando óxidos nítricos (NO_X) a altas presiones y temperaturas.

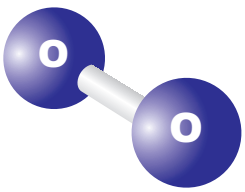


5.10. Partícula de dióxido de nitrógeno.

Oxígeno (figura 5.11)

El oxígeno (O_2) es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es el componente más importante del aire (21%).

En el automóvil se aspira a través del filtro de aire, igual que el nitrógeno, y es imprescindible para realizar la combustión.

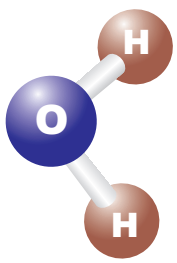


5.11. Partícula de oxígeno.

Agua (figura 5.12)

El agua (H_2O) es un componente inofensivo de los gases de escape. A lo largo del tubo de escape se enfría y se condensa, pudiendo oxidar algunos elementos en la línea de escape.

El agua es aspirada en parte por el motor de la humedad del aire o se produce con motivo de la combustión en días fríos y en la primera fase de calentamiento del motor.

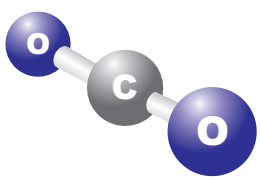


5.12. Partícula de agua.

Dióxido de carbono (figura 5.13)

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas incoloro, no combustible y, en principio, no tóxico. Si la cantidad en la atmósfera es superior al que las plantas son capaces de absorber para su transformación en oxígeno durante la fotosíntesis, el equilibrio de la naturaleza se rompe y se produce el efecto invernadero causante del calentamiento de la Tierra.

En los automóviles se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono, como la gasolina o el gasóleo. El carbono se combina durante esa operación con el oxígeno aspirado.



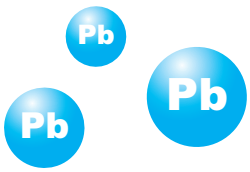
5.13. Partícula de dióxido de carbono.

Plomo (PB) (figura 5.14)

El plomo ha desaparecido en los gases de escape de los vehículos. Este impedía la combustión detonante debida a la autoignición y actuaba como una sustancia amortiguadora en los asientos de las válvulas.

En 1985 se emitían a la atmósfera 3 000 toneladas por la combustión de combustibles con plomo.

Con los aditivos ecológicos en el combustible sin plomo se han podido mantener casi idénticas las características antidetonantes.



5.14. Partículas de plomo.

3 >> Normativa europea anticontaminación

La legislación medioambiental se actualiza de forma constante y exige en los coches gases de escape cada vez más limpios. La primera legislación sobre turismos fue establecida en 1966 por el Estado de California, donde se fijó como objetivo reducir drásticamente las emisiones de tres grupos contaminantes: óxidos de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NO_x). En Europa la contaminación empezó a regularse en el año 1970. La Unión Europea recoge diversas órdenes para cumplir unos compromisos en materia de emisiones contaminantes. El sistema utilizado es el denominado **EOBD** (diagnosis de a bordo europea).

3.1 > Normas Euro

Los valores permitidos para las emisiones de los vehículos nuevos han sido prescritos mediante las normas **Euro**. En la actualidad está vigente la norma Euro IV. Pero la Unión Europea ha aprobado una normativa por la que se endurecen de nuevo los límites de contaminación de los coches nuevos. El 1 de septiembre de 2009 entrará en vigor la nueva Euro V, por la cual todos los coches diésel nuevos estarán obligados a montar el filtro de partículas.

Las características más representativas de las normas Euro son:

a) Norma Euro II. Abarcaba los límites válidos para Europa hasta el 31 de diciembre de 1999. Los óxidos nítricos (NO_x) y los hidrocarburos (HC) se indican conjuntamente como componentes de los gases de escape.
b) Norma Euro III. Entró en vigor el 1 de enero de 2000. Los valores límite de óxidos nítricos (NO_x) e hidrocarburos (HC) figuraban por separado.
c) Norma Euro IV. Entró en vigor en el año 2005. Con ella se reducen aún más los valores límite de las emisiones contaminantes.

Emisiones para vehículos con motores de gasolina nuevos

	Entrada en vigor	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC + NOx (g/km)
Euro I	07/1992	2,72			
Euro II	01/1996	2,20			0,97
Euro III	01/2000	2,30	0,20	0,15	0,50
Euro IV	01/2005	1,00	0,10	0,08	

Emisiones para vehículos con motores diésel nuevos

	Entrada en vigor	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC + NOx (g/km)
Euro III	01/2000	0,61	0,5	0,56	0,05
Euro IV	01/2005	0,5	0,25	0,3	0,025

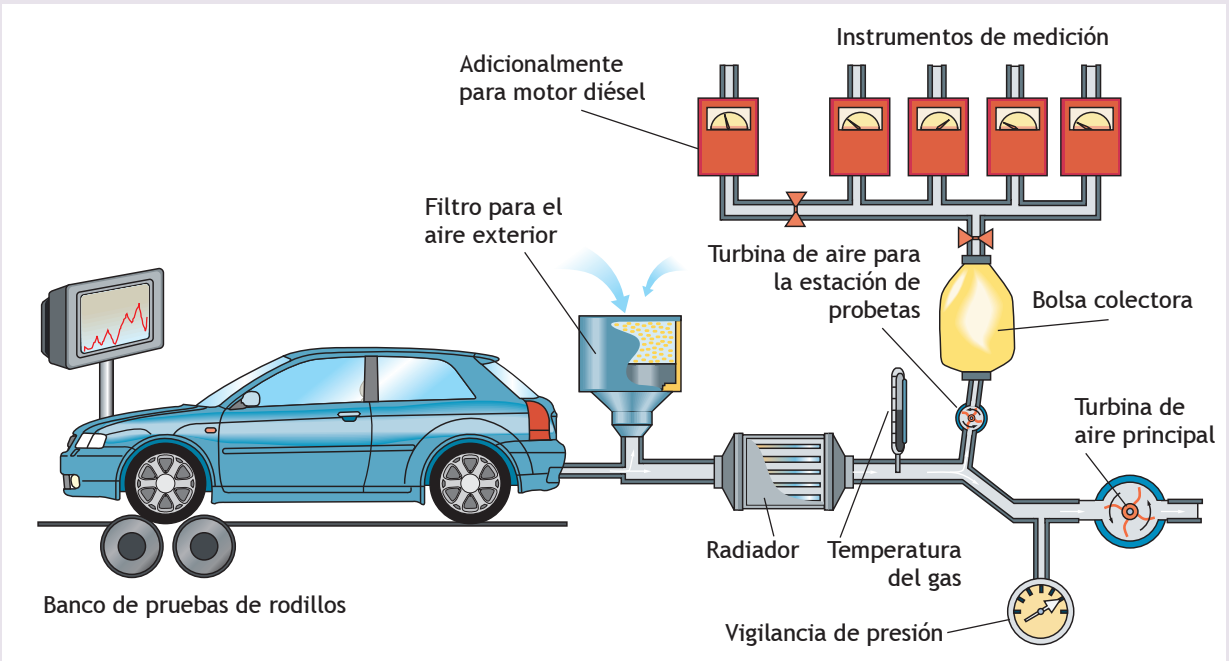
Las emisiones de escape de un vehículo se miden para su homologación en un banco de pruebas de rodillos dotado de un sistema de medición homologado. En el banco se realiza un ciclo de conducción definido y el sistema de medición detecta las cantidades de los componentes que integran los gases de escape. La prueba de homologación la realiza la industria del automóvil antes de lanzar al mercado un nuevo modelo.

Técnica

Sistema de medición de gases de escape en banco de pruebas

•• El ciclo de conducción se realiza sobre el banco de pruebas de rodillos (figura 5.15):

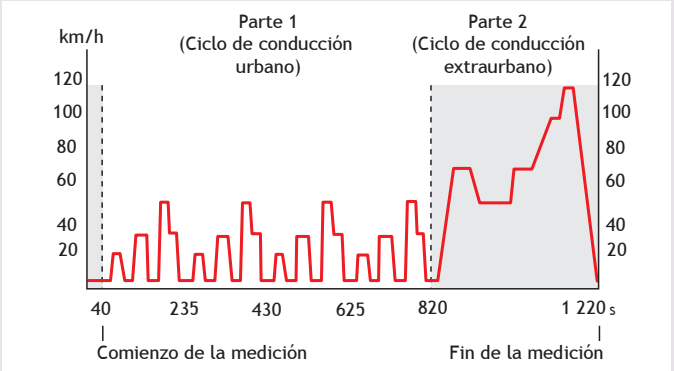
- Durante la prueba, los gases de escape son aspirados por la turbina de aire principal, conjuntamente con el aire exterior filtrado, constituyendo un caudal de masa de aire uniforme:
  - Si el vehículo produce mayor cantidad de gases de escape, el sistema aspira menor cantidad de aire exterior.
  - Si el vehículo produce menos gases de escape, el sistema aspira una mayor cantidad de aire exterior.
- De esta mezcla de aire con gases de escape se extrae continuamente una cantidad constante, haciéndola pasar hacia una o varias bolsas colectoras.
- Los componentes captados de los gases de escape se someten a medición y se expresan en gramos por kilómetro, referidos al recorrido total.



5.15. Sistema de medición en banco de pruebas.

La normativa exige la realización de unos ciclos de conducción como los de la figura 5.16 para obtener los niveles de contaminación:

- En el ciclo de conducción urbana se repite la prueba cuatro veces consecutivas con una velocidad máxima de 60 km/h.
- En el ciclo extraurbano se simula una conducción por carretera con velocidades máximas de 120 km/h, partiendo de vehículo parado, efectuando los cambios de marcha oportunos, aceleraciones y retenciones.



5.16. Ciclos de conducción para obtener los niveles de contaminación.

5.17. Analizador de gases para motores de gasolina.

3.2 > Control e interpretación de los gases de escape en vehículos en circulación

La necesidad de medir selectivamente y con gran exactitud los distintos componentes de los gases de escape ha dado lugar a que, en definitiva, de todos los métodos conocidos, solamente el de los rayos infrarrojos haya podido implantarse en los talleres de automóviles.

Los **analizadores de gases** para motores de gasolina (figura 5.17) ofrecen resultados de medida de los siguientes componentes:

- Monóxido de carbono (%Vol).
- Hidrocarburos (ppm).
- Dióxido de carbono (%Vol).
- Oxígeno (%Vol).
- Coeficiente lambda, λ.
- Delta-HC: se obtiene la composición de la mezcla y la calidad de la combustión cuando se cortocircuita un cilindro.

>> Casos prácticos

Procedimiento para analizar los gases de escape de los motores de gasolina

•• Llega al taller un vehículo con motor otto con problemas de emisión de gases. ¿Cuáles son los pasos a seguir mediante un analizador de motores?

Solución ••

1. Verificar con el motor parado que el nivel de aceite se encuentra entre los valores correctos indicados en la propia varilla.
2. Introducir la sonda de temperatura del analizador en lugar de la varilla de aceite.
3. Calentar el motor hasta conseguir una temperatura de aceite mínima de 60 °C.
4. Comprobar que en toda la línea de escape no existe ningún orificio que provoque la salida de los gases.
5. Mantener el motor entre 2 500 y 3 000 rpm durante 2 minutos aproximadamente para conseguir una temperatura óptima de funcionamiento del catalizador.
6. Introducir la sonda de gases de escape del analizador en el tubo de escape del motor y arrancar el motor.
7. Medir el contenido de CO y el valor del coeficiente lambda (λ) con motor a ralentí y con motor a ralentí acelerado.

En la tabla se pueden observar las emisiones de gases de escape para motores de encendido por chispa con catalizador de tres vías controlado por sonda lambda.

	Inyección (antes del catalizador)	Inyección (después del catalizador)
CO	Entre 0,4% y 0,8%	Menor de 0,2%
CO_2	Mayor de 13%	Mayor que 13,5%
HC	Menor de 250 ppm	Menor de 100 ppm
O_2	Menor de 1,5%	Menor de 0,2%
Lambda	Entre 0,99 y 1,02	Entre 0,99 y 1,01

Cuando se trata de medir gases de escape de un motor diésel se utiliza el opacímetro.

El opacímetro es un equipo de estructura modular que se encarga de medir y analizar la opacidad o ennegrecimiento de los humos de escape. Consta de la cámara de medición u opacímetro y la unidad de ordenados para procesamiento de datos.

En el motor de ciclo diésel se produce la combustión con exceso de aire, razón por la que los gases de escape de estos motores contienen poca cantidad de monóxido de carbono (CO). Por este motivo, en las inspecciones técnicas de servicio de los vehículos diésel se considera más significativa la medición de la **opacidad o ennegrecimiento** de los humos para conocer la bondad de la combustión. El valor máximo admisible de la opacidad o coeficiente de absorción luminosa de los gases de escape con motor diésel tiene en cuenta si el motor es de aspiración natural o sobrealimentado. Si es de aspiración natural, el valor máximo admisible es 2,5 l/m ± 0,5. Si se trata de un motor sobrealimentado, el valor máximo admisible es de 3,0 l/m ± 0,7.

Componentes del opacímetro

El opacímetro consta de una cámara en cuyo interior un transmisor emite una luz que en parte es absorbida por los gases de escape. La luz no absorbida llega a un receptor (fotodiodo), que convierte las señales ópticas en informaciones eléctricas. Con ello se mide el grado de debilitamiento de la luz a partir del cual puede calcularse el coeficiente de absorción. La cámara está provista de un sistema de calefacción para evitar la condensación de agua en las paredes y mantener la temperatura de los gases de escape por encima del punto de rocío.

Técnica

Comprobación de opacidad de un motor diésel

5.18. Procedimiento de control de opacidad.

•• El motor debe estar caliente y para llegar a conclusiones válidas es necesario conocer la velocidad de giro del motor a la cual se realiza la prueba. Además se debe comprobar el nivel de aceite, que se debe encontrar a una temperatura mínima de 60 °C.

1. El motor debe estar libre de defectos y su ruido de funcionamiento debe ser normal.

2. Los manguitos de agua, los conductos de combustible y las correas deben encontrarse en buen estado de conservación y bien apretados.

3. El dispositivo de escape no debe presentar ningún orificio susceptible de provocar una dilución de los gases emitidos por el motor.

4. Se gira el motor durante un minuto a régimen estabilizado de 2 000 a 2 500 rpm para vehículos de menos de 6 000 kg de PMA y de 1 500 a 2 000 rpm para el resto.

5. Con el motor en ralentí se sitúa la sonda de toma de muestras en el tubo de escape.

6. La prueba propiamente dicha se realiza con la caja de cambios en punto muerto, accionando rápidamente, pero sin brusquedad, el pedal del acelerador, de forma que se obtenga el caudal máximo de inyección. Esta posición se mantiene hasta que se alcance la velocidad de giro máxima del motor. Tan pronto como alcance dicha velocidad, se mantendrá durante 10 segundos, a partir de los cuales se suelta el pedal del acelerador hasta que el motor alcance el régimen de ralentí.

7. Se realizan cuatro aceleraciones libres, midiéndose la opacidad de los humos durante las mismas tomándose como valor el pico del valor estabilizado de la prueba (figura 5.18).

8. A continuación se calcula la media aritmética de los cuatro valores obtenidos no permitiéndose que sea superior al valor permitido. Antes de efectuar cada aceleración anterior, el motor debe estar girando a ralentí por lo menos 15 segundos.

4 >> Dispositivos para el control de emisiones de escape

El control de las emisiones de escape se efectúa por medio de varios dispositivos.

CONTROL DE EMISIONES

Modificaciones en el motor	Tratamiento de los gases del escape
- Cámaras de combustión - Caldeo de colectores - Distribución variable - Colectores de admisión variable	- Recirculación de gases - Introducción de aire secundario en el escape - Uso de catalizadores - Sondas lambda

4.1 > Modificación anticontaminante en el motor

Las modificaciones en el motor tienden a mejorar el proceso de combustión de la mezcla de aire y gasolina antes del final de cada ciclo.

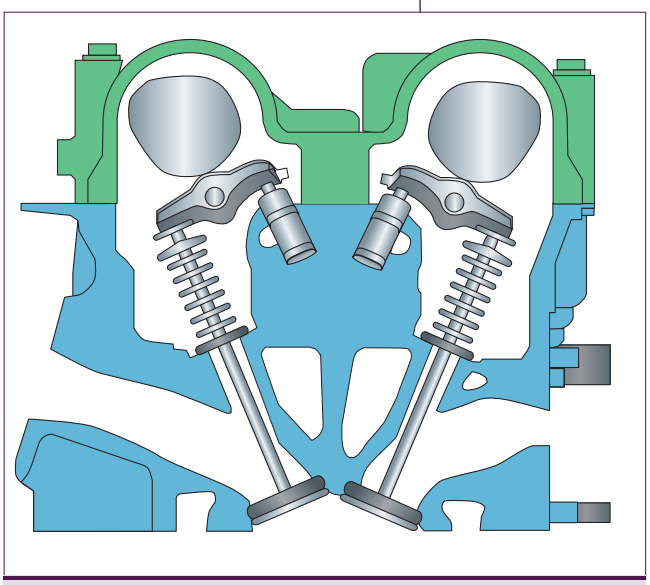
Cámaras de combustión

La forma de la cámara de combustión influye esencialmente sobre la expulsión de **hidrocarburos no quemados,** pues la emisión de estos procede de ranuras y capas próximas a la pared:

- Las **cámaras de combustión irregulares con gran superficie** originan una emisión elevada de hidrocarburos (HC).
- Más favorables son por lo tanto las **cámaras de combustión compactas con superficie pequeña** (figura 5.19). Estas reducen la demanda de octanaje con una turbulencia intensiva de la carga, mediante una combustión rápida. En combinación con una relación de compresión elevada, puede realizarse más fácilmente un concepto de mezcla pobre. De aquí resulta una emisión de gases de escape menor con un buen grado de rendimiento pues una turbulencia definida de la carga junto a la bujía de encendido es importante para la inflamación de la mezcla de aire y combustible.

Una posición central de la bujía con recorridos de llama cortos conduce a una transformación rápida y relativamente completa y, con ello, a una emisión reducida de hidrocarburos no quemados.

Mediante la **técnica de cuatro válvulas** pueden conseguirse cámaras de combustión compactas con posición central de la bujía y, con ello, con recorridos de llama cortos. Adicionalmente se producen más favorablemente los procesos de cambio de carga.



5.19. Cámara de combustión compacta.

Caldeo de colectores

La forma, dimensiones y ubicación de los colectores de admisión definidas por los fabricantes juegan un papel importante en la emisión de gases contaminantes. Se puede decir que una gran parte de las emisiones de **óxido de carbono e hidrocarburos** se producen durante el funcionamiento en frío del motor como consecuencia de la utilización de mezclas ricas en esta fase de funcionamiento.

Para reducir el tiempo de calentamiento del motor y, por tanto, de gases contaminantes se recurre a varios sistemas entre los que caben destacar los siguientes:

- Situar el colector de admisión encima del colector de escape.
- Diseño de colector en donde este forme parte del sistema de refrigeración del motor. Para motores en donde el colector de admisión está situado al lado contrario del de escape.
- Resistencia de caldeo en colector de admisión que acelera el calentamiento del motor en fase de arranque y posterior funcionamiento en frío. Una vez que el motor alcanza su temperatura de funcionamiento la resistencia térmica queda fuera de servicio.

Distribución variable

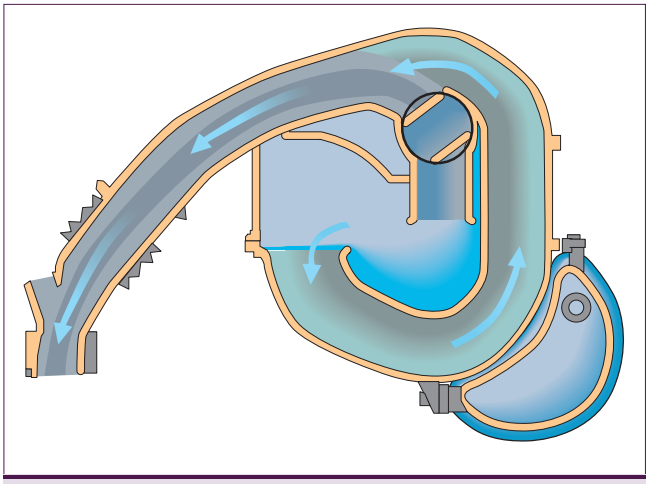
Los sistemas de distribución variable son capaces de reducir los niveles de emisiones contaminantes mediante el ajuste del diagrama de la distribución dependiendo de las condiciones de funcionamiento del motor. Es decir, consiguen una adaptación entre potencia y gases contaminantes.

Colectores de admisión variable

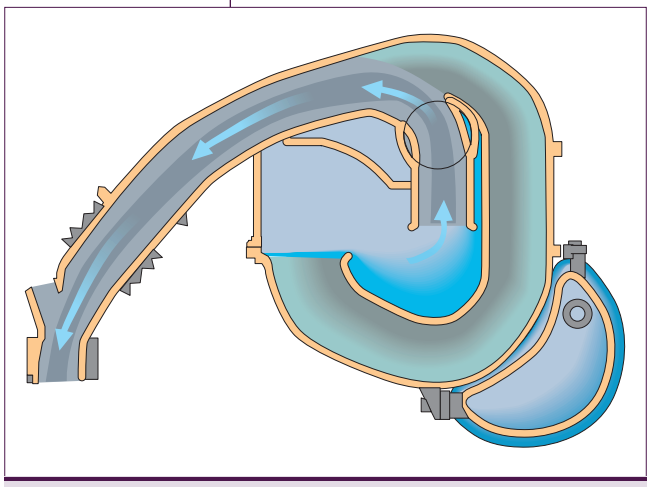
Los colectores de admisión variable disponen de dos recorridos de diferente longitud comandados por una mariposa (figuras 5.20 y 5.21). La UCE del motor determina la utilización de un conducto corto (altos regímenes) o conducto largo (bajos regímenes) dependiendo de las condiciones de funcionamiento del motor, y siempre con el objetivo de conseguir el mejor rendimiento volumétrico y, así, reducir notablemente las emisiones contaminantes.

Objetivo de la distribución variable

Lo que hace la distribución variable es precisamente cambiar el momento de apertura y cierre de las válvulas en función del régimen del motor, para aprovechar lo mejor de los dos mundos. Los sistemas más sofisticados también pueden controlar el tiempo durante el que la válvula permanece abierta.



5.20. Posición para entrega de par.



5.21. Posición para entrega de potencia.

4.2 > Tratamiento de los gases de escape

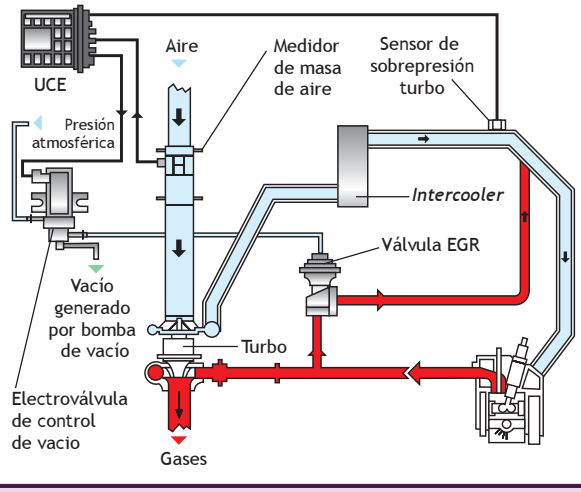
El tratamiento de los gases de escape reduce aún más el porcentaje de contaminantes después de su expulsión desde las cámaras de combustión y antes de su emisión a la atmósfera.

Este tratamiento se puede realizar de tres maneras distintas:

- Reduciendo la temperatura y presión durante la combustión del motor con un sistema de **recirculación de gases** de escape al colector de admisión.
- Mediante la **inyección de aire secundario** en el colector de escape donde se realiza una postcombustión, que favorece la oxidación de los hidrocarburos quemados (HC) y del óxido de carbono (CO).
- Mediante **sondas lambda y catalizadores,** que producen reacciones químicas de oxidación del óxido de carbono (CO) y de los hidrocarburos no quemados (HC), y de reducción de los óxidos de nitrógeno (NO_x). Dada la importancia de este tema, se tratarán en apartados diferentes.

Sistema EGR de recirculación de los gases de escape

La válvula EGR es la encargada de hacer recircular los gases de escape del colector de escape al colector de admisión.



5.22. Esquema de un sistema EGR.

El sistema EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) reduce principalmente los óxidos de nitrógeno (NO_x) producidos por el funcionamiento del motor, reenviando una parte de los gases de escape (postquemados) al colector de admisión, descendiendo así el contenido de oxígeno en el aire de admisión, provocando un descenso en la temperatura y presión de combustión y reduciéndose de esta forma los óxidos de nitrógeno (NO_x) (figura 5.22). La UCE calcula cuándo debe activarse el sistema EGR y cuál es la cantidad de gases de escape que debe ser enviada al colector de admisión. Para ello tiene en cuenta:

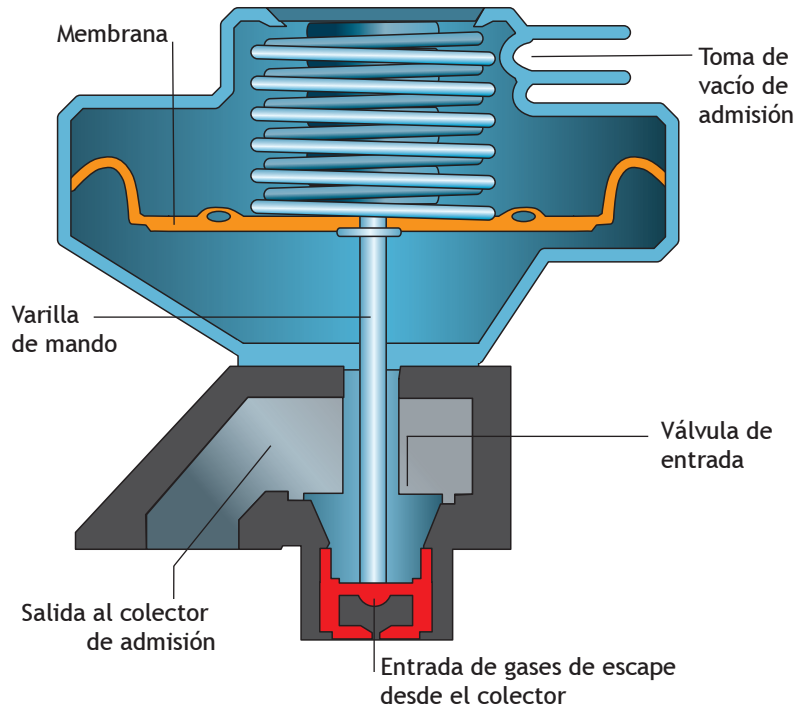
- El régimen motor.
- El caudal de combustible inyectado.
- El caudal de aire aspirado.
- La temperatura del motor.
- La presión atmosférica reinante.

5.23. Electroválvula controladora de vacío.

Normalmente el sistema EGR solamente está activado a una carga parcial y temperatura normal del motor. El dispositivo de recirculación no es activado en plena carga, ralentí y deceleración con el objetivo de no reducir las prestaciones del motor y además con temperatura del líquido refrigerante del motor inferior a 35 °C (funcionamiento en frío). De acuerdo con los datos obtenidos, la UCE actúa sobre una electroválvula controladora de vacío (figura 5.23). Su activación se realiza directamente a través del calculador de inyección, que actúa mandando una señal de voltaje variable (señal RCO) sobre un electroimán unido a la electroválvula. Con la aplicación de estas tensiones obtendremos un desplazamiento de la válvula que nos permitirá generar un mayor o menor vacío en la válvula EGR regulando de esta forma el caudal de gases de escape. Las válvulas EGR se clasifican según su funcionamiento en neumáticas y eléctricas.

Válvulas EGR neumáticas

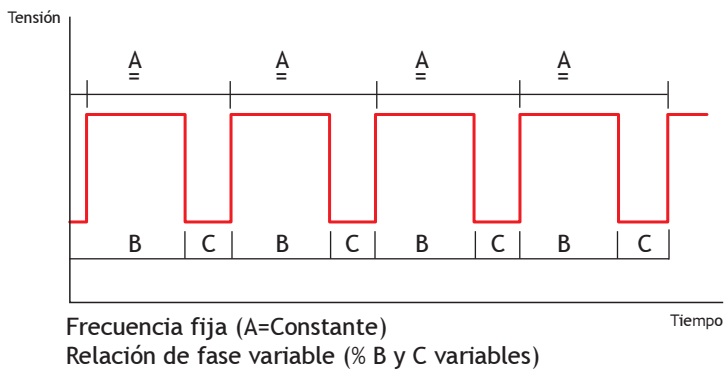
Las válvulas EGR neumáticas son accionadas por depresión o vacío. Están constituidas por una membrana empujada por un muelle, que abre o cierra una válvula a través de una varilla hueca en cuyo extremo lleva un punzón. La varilla está acoplada a la membrana, que se mueve abriendo la válvula cada vez que la depresión actúa sobre la membrana y vence la presión del muelle (figura 5.24).



5.24. Válvula EGR neumática.

Para controlar la depresión que actúa sobre las válvulas EGR es necesaria una electroválvula que será controlada por la UCE y que actúa neumáticamente sobre la EGR.

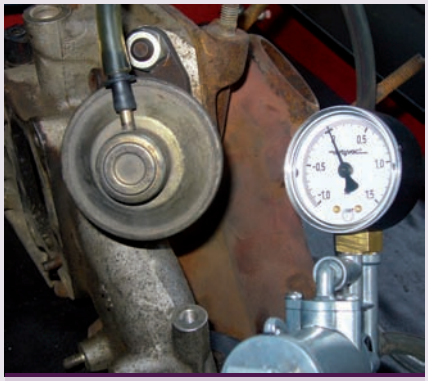
En función de la proporción del periodo de la señal RCO (relación cíclica de obertura) que le envía la UCE, determina el flujo de vacío. La RCO es un tipo de señal que se caracteriza por ser pulsatoria, de frecuencia fija y con relación de fase variable (figura 5.25).



5.25. Gráfico de señal RCO.

Técnica

Diagnosis de válvulas EGR neumáticas



5.26. Comprobación de la estanqueidad de una válvula EGR neumática.

•• Antes de comenzar con el proceso de diagnosis es necesario verificar que no hay grietas ni obstrucciones en el circuito neumático. El proceso es el siguiente:

- Se desmonta la válvula EGR del conjunto provocando su apertura con una bomba de vacío, asegurando así la estanqueidad de la membrana (figura 5.26).
- Una vez montada la válvula EGR se conecta un vacuómetro al tubo de la membrana de la misma, se arranca el motor y, girando al ralentí, el vacuómetro debe marcar que la válvula está cerrada. Aumentado el régimen a 2 500 rpm la unidad de control del sistema de alimentación debe abrir la válvula transmitiendo la depresión del motor al tubo de la EGR y registrándolo el vacuómetro.
- En el sistema eléctrico se comprueba el estado de los conectores, terminales y cableado de cada elemento.
- Se acciona la llave de contacto y se verifica que la tensión de alimentación de la electroválvula sea igual que la de batería.
- Se desconecta el cableado de la electroválvula, se mide la resistencia del solenoide verificando que sea el estipulado por el fabricante y se sustituye en caso de que la resistencia sea menor o igual a la indicada.
- Si el sistema cuenta con un **sensor de presión**, el cual informa a la UCE del sistema de inyección del caudal de gases que circula por la válvula EGR, este estará alimentado directamente por la UCE del sistema de alimentación con una tensión estabilizada de aproximadamente 5 V. Para comprobar este sensor se acciona la llave de contacto.
- Se conecta el voltímetro entre los bornes de alimentación. En caso de que no haya tensión de alimentación, debe verificarse que los cables que comunican con la UCE no están cortados. Si persiste la falta de alimentación, la avería está localizada en la UCE.

Otra comprobación que se debe realizar sobre el sensor de presión es girar el motor a 2 500 rpm, abrir la válvula EGR con una bomba de vacío y asegurarse de que pasa el flujo de gases hacia el colector de admisión. En estas condiciones se conecta el voltímetro entre el borne de información y de masa, teniendo que indicar una tensión variable entre 0 y 5 V con relación al flujo de gases. Si no responde de este modo es indicio de que el sensor de presión está averiado.

Válvulas EGR eléctricas

Las válvulas EGR eléctricas no utilizan una bomba de vacío para su funcionamiento. Estas trabajan de forma autónoma. Constan de un solenoide que actúa al recibir señales eléctricas de la UCE cerrando o abriendo un paso por el que recirculan los gases de escape (figura 5.27).

El mayor o menor volumen de gases que recircula viene determinado por la UCE, que tiene en cuenta ciertos parámetros como la velocidad, la carga del coche y la temperatura del motor. La válvula EGR eléctrica cuenta con un pequeño sensor o potenciómetro en su interior que informa a la UCE en todo momento de la posición que ocupa el elemento que abre o cierra el paso de la recirculación de los gases de escape.

La UCE compara esta señal con la que corresponde con la posición requerida, así puede efectuar los ajustes necesarios para precisar el flujo en recirculación.

Este tipo de electroválvula no se resiente de la depresión, por tanto, puede abrirse con cualquier carga motor y con cualquier depresión en el colector.

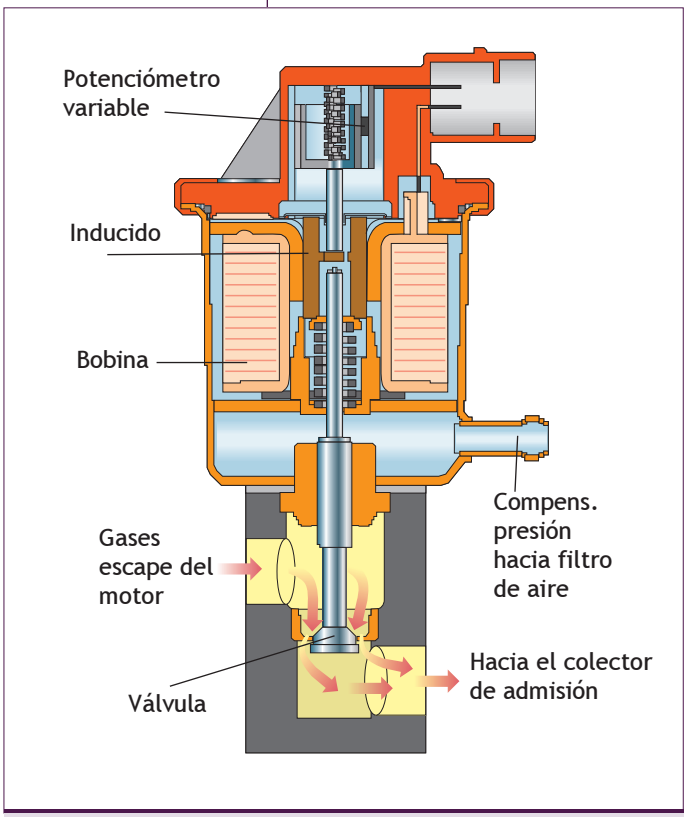
La **válvula de recirculación de gases de escape** cierra la recirculación de los gases hacia el colector de admisión al no tener corriente aplicada. Se activa en cuanto el líquido refrigerante tiene una temperatura a partir de 35 °C.

Con motivo de la excitación se procede a abrir la válvula con una proporción de periodo definida.

El potenciómetro instalado en el cabezal de la válvula detecta la sección de apertura de la válvula, cuya magnitud se realimenta a la unidad de control del motor, a raíz de lo cual se procede a regular la tensión de la bobina en la válvula en función de la familia de características (régimen motor, temperatura motor, etc.).

Para la compensación de la presión en la válvula durante las fases de regulación existe una comunicación directa hacia la presión del aire del entorno a través del filtro de aire.

Para verificar el correcto funcionamiento de la recirculación de gases de escape se comprueba tanto el circuito neumático como el sistema eléctrico.



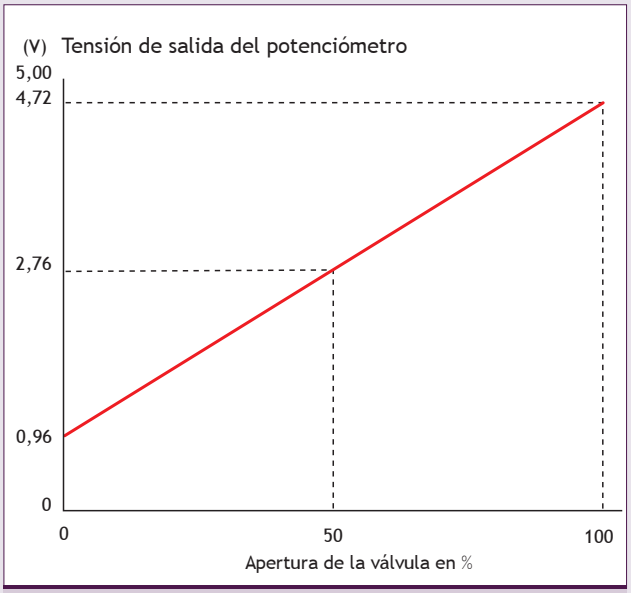
5.27. Electroválvula de recirculación de gases de escape.

Técnica

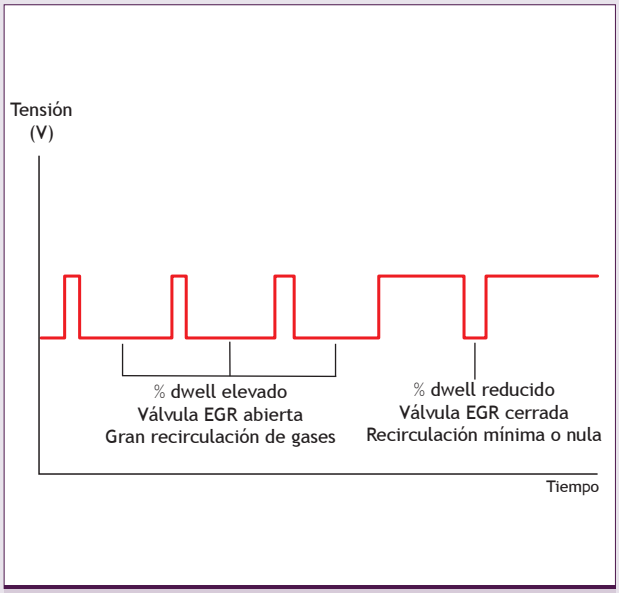
Diagnosis de válvulas EGR eléctricas

•• Antes de comenzar con este proceso, es necesario comprobar que el estado de los conectores, terminales y cableado de cada elemento es el adecuado.

- Se desconecta el cableado y se mide la resistencia del electroimán verificando que es el estipulado por el fabricante. En caso de que la resistencia sea menor o igual a la indicada por el fabricante (8-10 ohmios), la válvula debe ser sustituida.
- Se acciona la llave de contacto para verificar que la tensión de alimentación de la electroválvula sea igual que la de batería.
- El potenciómetro es alimentado con 5 V, y la señal que genera oscila entre 0,5 y 4,5 V en función de la apertura de la válvula (figura 5.28).
- En fase de arranque y con el conector de la UCE conectado, se obtiene el oscilograma de la electroválvula (figura 5.29).



5.28. Tensión en la válvula de salida del potenciómetro.



5.29. Oscilograma de la electroválvula.

Inyección de aire secundario en el escape

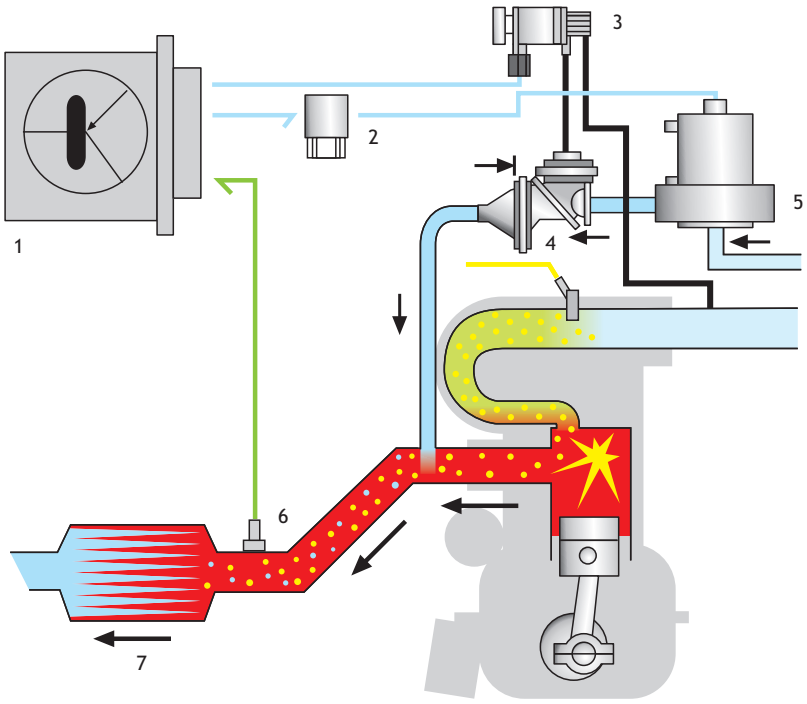
El motor necesita una mezcla algo más rica durante el arranque y en los momentos posteriores a este, especialmente en frío, para mantener un régimen adecuado.

Este exceso de riqueza produce demasiados hidrocarburos sin quemar. Además, en los primeros minutos el catalizador aún no ha alcanzado la temperatura correcta de trabajo y apenas actúa, con lo que se producen elevadas concentraciones de emisiones contaminantes. Para evitar estos efectos durante la fase de calentamiento del motor (+ 17 °C + 33 °C) se dispone un sistema que introduce aire filtrado detrás de las válvulas de escape durante un intervalo de 100 segundos aproximadamente.

El aire fresco introducido en el conducto, en contacto con los gases de escape muy calientes, activa la postcombustión, oxidando de esta manera parte de los **óxidos de carbono** (CO) y de los **hidrocarburos no quemados** (HC). Por otra parte, también contribuye a que el catalizador alcance más rápidamente su temperatura de funcionamiento óptima.

El aporte del aire fresco se realiza por medio de una o dos **válvulas automáticas unidireccionales (válvula combinada),** que a su vez evitan que parte de los gases de escape puedan llegar al filtro de aire. El tiempo y la cantidad de aire inyectado son controlados por la unidad de control, que tiene en cuenta para el cálculo las informaciones de régimen motor y temperatura del líquido refrigerante.

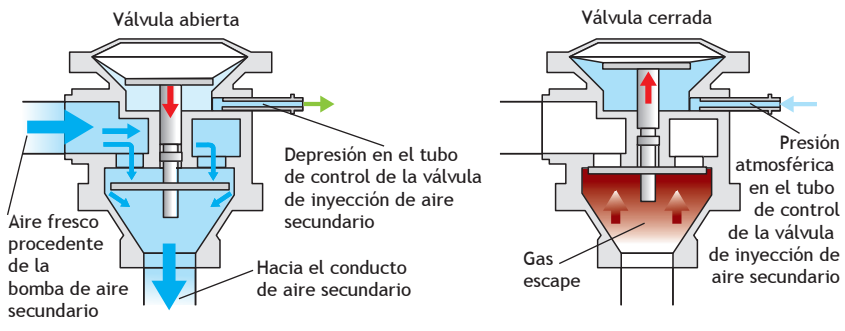
El sistema (figura 5.30) cuenta con una **válvula electroneumática** de inyección de aire (figura 5.31) gestionada por la unidad de control de motor y se encarga de controlar el funcionamiento de la válvula combinada (figura 5.32).



1 Unidad de control
2 Relé para bomba de aire secundario
3 Válvula de aire secundario
4 Válvula combinada
5 Bomba de aire secundario
6 Sonda anterior al catalizador
7 Catalizador

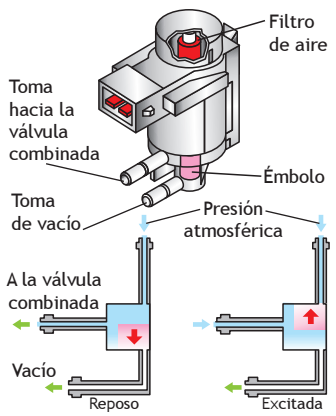
5.30. Sistema de inyección de aire secundario.

El **relé** (2) para la **bomba de aire secundario** es excitado por la unidad de control motor (1) que conecta la corriente de aire secundario. El aire fresco agregado a los gases de escape es aspirado por la bomba de aire secundario (5) a través de la carcasa del filtro de aire y se le abre paso a través de la **válvula combinada** (4). Esta válvula está atornillada al conducto de aire secundario de la culata. Por medio de la depresión procedente de la electroválvula de inyección de aire secundario (3) se abre el paso de aire de la bomba de aire secundario hacia el conducto secundario del colector de escape. La válvula evita al mismo tiempo que los gases de escape calientes puedan llegar hasta la bomba de aire secundario y puedan dañarla.



5.32. Válvula combinada.

P Práctica 7



5.31. Válvula electroneumática de aire secundario.

Técnica

Diagnosis del sistema de inyección de aire secundario

•• Para asegurar el perfecto funcionamiento del sistema de aire secundario se debe comprobar tanto el circuito neumático como el eléctrico.

- La válvula de control de aire se comprueba desconectando la toma de la electroválvula y creando una depresión que produzca su apertura mediante una bomba de vacío. Arrancando el motor se percibirán las entradas de aire.
- Se comprueba la resistencia de la electroválvula de control.
- Se verifica la tensión de alimentación de la electroválvula conectando los puntos entre los cables de alimentación y con el motor en marcha. En fase de calentamiento la tensión indicada debe ser la de la batería. En caso de no existir tensión de alimentación se comprueba el estado del cableado de alimentación del relé y de la unidad de control del sistema de alimentación. La electroválvula es alimentada por positivo por el relé de la bomba y la unidad de control la excita con negativo.

4.3 > Regulación automática de riqueza de mezcla. Sonda lambda

La sonda lambda (también llamada sensor de oxígeno) es un componente electroquímico muy importante en el sistema de inyección de un vehículo y tiene una influencia fundamental sobre el consumo de combustible. La sonda lambda se encarga de la regulación correcta del suministro de aire y combustible al motor, midiendo el contenido residual de oxígeno en el gas de escape y determinando de este modo si la mezcla es estequiométrica, rica o pobre.

Para que el catalizador pueda funcionar de forma óptima, la relación de aire y combustible debe ser ajustada con precisión. De ello se encarga la sonda lambda, que detecta de forma continuada el contenido residual de oxígeno en el gas de escape (figura 5.33). Un funcionamiento perfecto de la sonda garantiza el despliegue óptimo de la potencia del motor y que se cumplan los valores prescritos de gases de escape.

La sonda lambda basa su principio de funcionamiento en la conductividad de algunos tipos de cerámicas multiplaca en presencia de oxígeno y a determinadas temperaturas.

5.33. Sondas lambda. Fuente NGK.

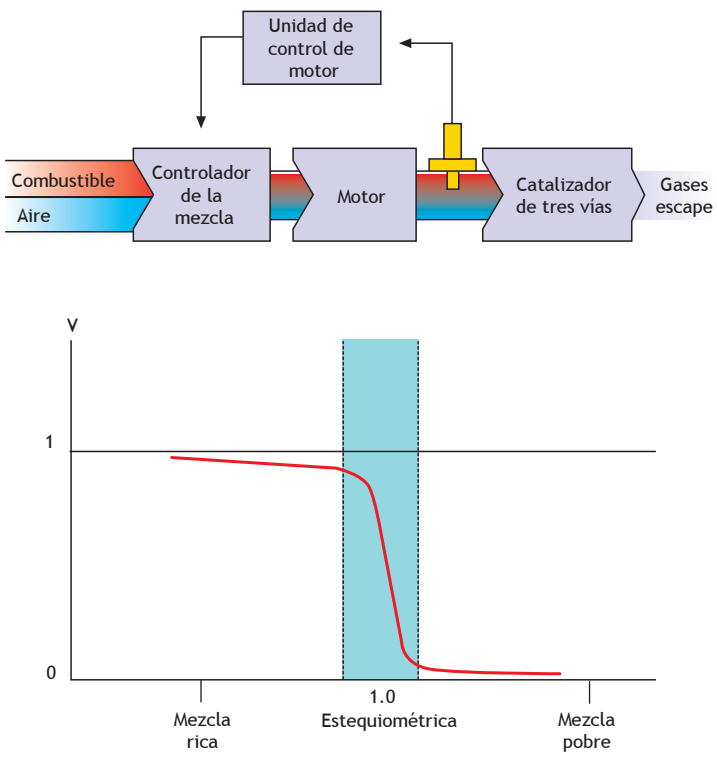
Relación de mezcla de aire y combustible

Cuando la mezcla de aire y combustible no ha sido ajustada con precisión, se produce un aumento de emisiones. Los niveles de emisión dependen fundamentalmente de la correcta mezcla de aire y combustible. Cuando se trata de una mezcla estequiométrica (relación 1 : 14,7) se puede garantizar una combustión completa y el catalizador puede convertir los gases de escape nocivos en gases que son respetuosos con el medio ambiente.

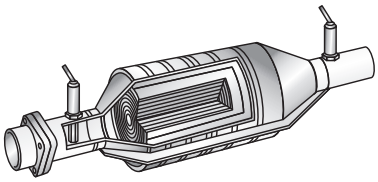
Fuera de la relación estequiométrica, las proporciones de los gases varían, por lo que es necesario mantener el motor funcionando en un estrecho margen de dosificación de la gasolina cercano a la relación estequiométrica.

Este estrecho margen se conoce como **ventana lambda** (figura 5.34). En esta zona, la proporción de gases emitidos es la ideal para que el catalizador pueda funcionar correctamente. Si se sale de la ventana, se reduce drásticamente la efectividad del catalizador.

Las mediciones de la sonda sobre la composición de los gases de escape permiten que la centralita electrónica efectúe una corrección continua y en tiempo real de los tiempos de inyección para mantener la mezcla muy cercana a la estequiométrica, es decir, en un intervalo muy corto de valores cercanos al mismo, variando λ entre 0,99 y 1,05.



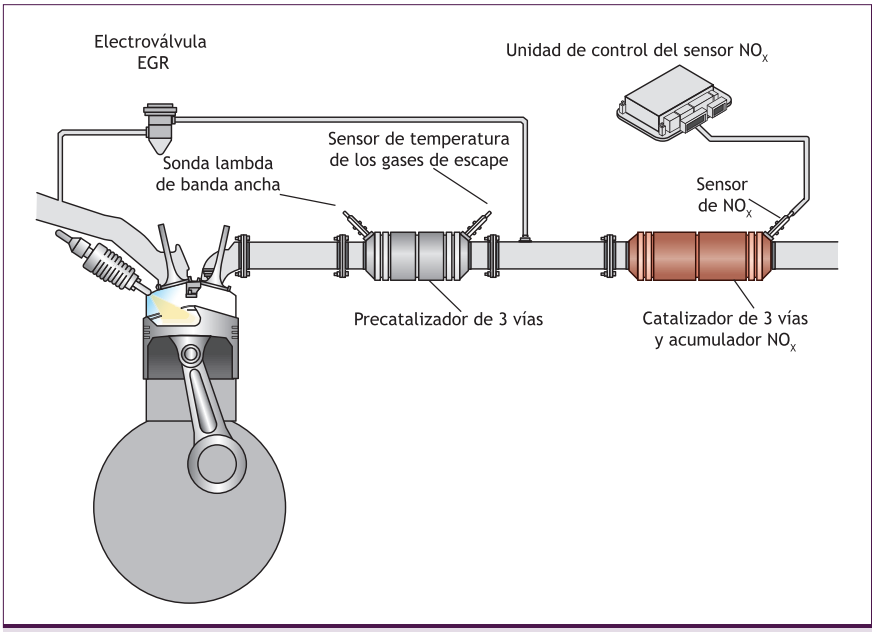
5.34. Funcionamiento de la sonda lambda y ventana lambda.



5.35. Sondas lambda antes y después del catalizador.

Instalación

En el sistema de escape se instala una sonda lambda antes del catalizador, a modo de sensor de control, y otra después del catalizador a efectos de **diagnóstico** (figura 5.35). En los sistemas que cuentan con catalizador de tres vías y con un catalizador de NO_x puede haber hasta tres sondas lambda: una antes y una después del catalizador de 3 vías y otra después del catalizador de NO_x. Este diseño (figura 5.36) suele encontrarse en motores de inyección directa de gasolina. De todos modos existen otras modalidades de montaje dependiendo del tipo de vehículo.



5.36. Sondas lambda en sistemas con catalizador de tres vías y con catalizador de NO_x.

Tipos de sondas lambda

El éxito de la sonda lambda se basa en ser la forma más efectiva de depurar los gases de escape y en el continuo desarrollo de diferentes tipos de sonda: sondas calefactadas y no calefactadas, sondas que detectan la señal por generación de tensión o cambios de resistencia, etc.

Para regular la mezcla, los motores de gasolina otto con inyección directa precisan unas sondas especiales de **banda ancha,** ya que son capaces de realizar mediciones muy precisas por encima y por debajo del punto estequiométrico.

Haciendo una clasificación más exacta esta podría ser de la siguiente forma:

- Sondas lambda de señales **a saltos o de dos puntos.** Se llaman así porque solo indican si la mezcla es rica o pobre, pero no en qué cantidad. A este grupo pertenecen las sondas de **circonio y titanio** (calefactadas y no calefactadas).
- Sondas lambda de **banda ancha.** Pueden enviar una señal exacta de la composición de los gases, incluso trabajando el motor con mezclas distintas a la estequiométrica.

Técnica

Cambio de una sonda lambda

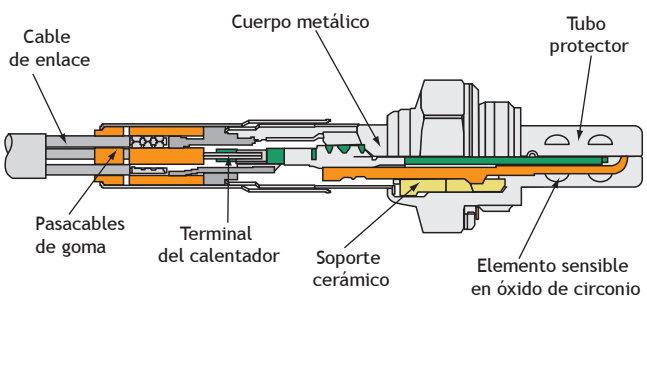
•• El desmontaje de la sonda se realiza con el motor caliente y siguiendo los siguientes pasos:

- Para limpiar la rosca se utiliza un cepillo metálico y para la parte restante, un trapo. No se debe limpiar la sonda con gasolina.
- Ya que las temperaturas altas de funcionamiento pueden agarrotar la sonda en su base, se aconseja aplicar grasa de grafito exclusivamente en la rosca.
- La sonda debe atornillarse en su base con una llave dinamométrica y respetando el valor de par prescrito por el fabricante.

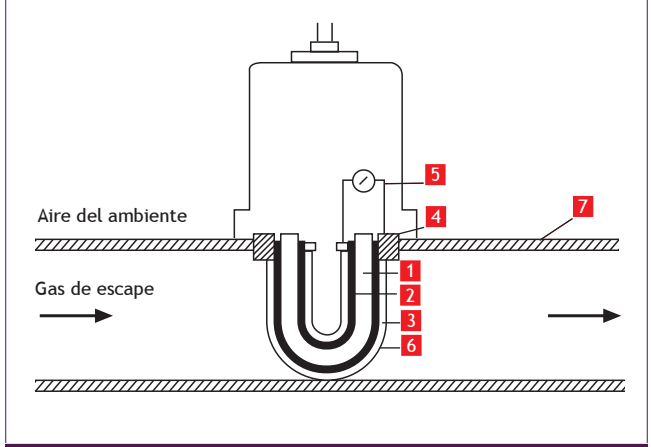
Sonda lambda de dióxido de circonio

Se trata de una sonda lambda convencional la cual genera una tensión en su célula de medición correspondiente a la diferencia de oxígeno entre el aire exterior y los gases de escape utilizando para ello un elemento cerámico especial (dióxido de circonio, ZrO_2) incluido en una carcasa que sirve para la fijación y para protegerla contra efectos mecánicos (figura 5.37). Las partes de una sonda lambda de dióxido de circonio se resumen en la figura 5.38:

- La cara externa (3) de la cerámica especial está expuesta a los gases de escape.
- El estrato de cerámica protectora (6) es poroso para permitir a los gases de escape entrar en contacto con el estrato de cerámica especial.
- La cara interna (2) está expuesta al aire atmosférico, que puede entrar en el cuerpo de la sonda.
- El estrato de cerámica especial está compuesto de un alto porcentaje de dióxido de circonio (1). En la cara interna y externa de la cerámica se encuentran los electrodos (2 y 3), que están compuestos por un delgado estrato de platino poroso y, por consiguiente, permeable a los gases.



5.37. Sonda lambda de circonio.



1 Dióxido de circonio
2 Electrodo positivo
3 Electrodo negativo
4 Carcasa
5 Terminales de medición
6 Capa protectora de cerámica
7 Tubo de escape

5.38. Elemento sensor en tubo de escape.

Los gases de escape fluyen por el exterior del elemento cerámico. El lado externo de la pieza de dióxido de circonio se halla en contacto directo con los gases de escape, mientras que el lado interno está en contacto con el aire exterior. Ambos lados del elemento cerámico están recubiertos de una capa de platino fina y porosa, que actúa como electrodo.

Con temperaturas inferiores a 300 °C el material cerámico no es activo, por lo tanto la sonda no envía señales atendibles. Para asegurar un rápido calentamiento en la puesta en marcha del motor y mantener la temperatura en el mínimo, la sonda puede estar dotada de un calefactor de resistencia eléctrica.

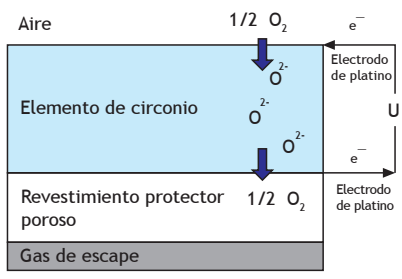
Funcionamiento del elemento de circonio

El elemento de dióxido de circonio pasa a ser conductor de los iones de oxígeno a una temperatura de aproximadamente 300 °C. El oxígeno en forma de iones atraviesa el elemento de cerámica y carga eléctricamente la capa de platino, que pasa a funcionar como un electrodo. La señal se transmite desde el elemento de cerámica hasta el cable de conexión de la sonda (figura 5.39).

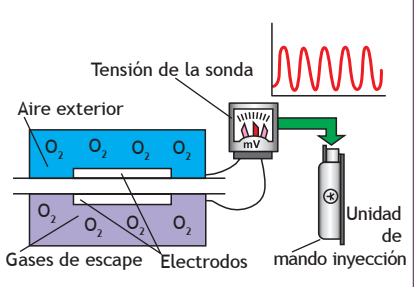
Las variaciones en la concentración de oxígeno a los lados del elemento de dióxido de circonio generan un flujo de iones que provocan una tensión debido a las particularidades del elemento. Los cambios en el voltaje le sirven de información a la unidad de control, que ajusta la relación de mezcla para llevarla a su valor estequiométrico, representando la señal de medición (figura 5.40).

Cuando la relación aire-combustible es pobre ($\lambda > 1$), la tensión que se produce es baja, 100 mV; si la relación es rica ($\lambda < 1$), la tensión es elevada, 900 mV. El valor de la tensión para $\lambda = 1$ es de 450 mV (figura 5.41).

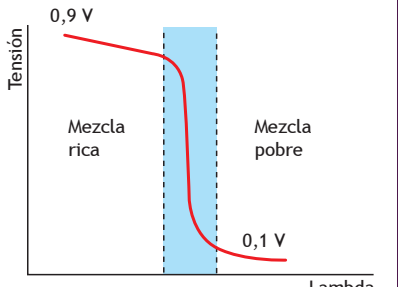
A fin de obtener la mezcla correcta de $\lambda = 1$, la señal de la sonda lambda es empleada por la UCE para corregir ligeramente el tiempo de inyección y mantener siempre que sea posible el valor de riqueza en el valor estequiométrico.



5.39. Elemento de dióxido de circonio.



5.40. Señal de medición de cambios de voltaje.



5.41. Relación entre la mezcla y la tensión.

La señal de salida del sensor es enviada a la centralita para la corrección de la mezcla. Cuando la sonda suministra una señal baja (tensión inferior a 200 mV) la centralita reconoce una **mezcla pobre** e incrementa el tiempo de inyección; después, cuando la señal de la sonda es alta (tensión superior a 800 mV), la centralita reconoce una **mezcla rica** y decrementa el tiempo de inyección. Esta secuencia de intervenciones se repite con una frecuencia del orden de las decenas de Hertz, de forma que el motor funcione con una mezcla continuamente oscilante alrededor de la mezcla estequiométrica. La transición entre el margen rico y el pobre está alrededor de 450 a 500 mV.

Los diferentes cables que pueden tener las sondas de circonio (figura 5.42) se resumen en la siguiente tabla.

5.42. Sonda lambda de 4 cables. Fuente NGK.

Distribución de cables en las sondas de dióxido de circonio			
Sin elemento calefactor		Con elemento calefactor	
1 cable señal (color negro)	2 cables señal (color negro)	3 cables señal (negro) Elemento calefactor (cables blancos)	4 cables señal (negro) Elemento calefactor (cables blancos)
Masa a través de la carcasa	Masa aislada (cable gris)	Masa a través de la carcasa	Masa aislada (cable gris)

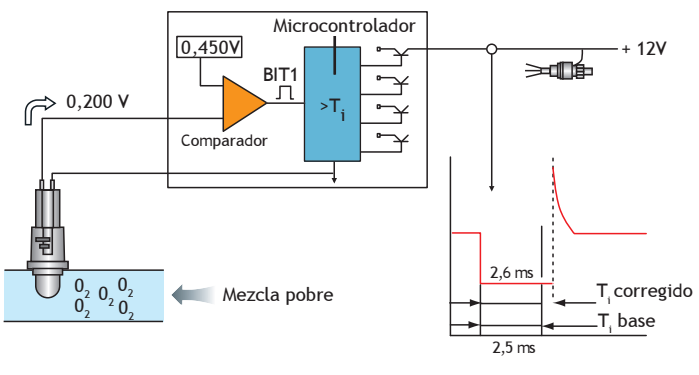
Técnica

Comprobación mediante osciloscopio de la variación de los tiempos de inyección con regulación lambda de dos puntos en mezcla pobre y rica

•• Para realizar la regulación lambda correctamente, la UCE de motor modifica ligeramente el tiempo de inyección en función de la señal que recibe de la sonda lambda.

La tensión de salida de la sonda lambda es comparada por un circuito comparador con una tensión de referencia (450 mV).

- **Cuando la mezcla es pobre,** (figura 5.43) la cantidad de oxígeno en el escape es elevada y la tensión de sonda lambda baja. Al ser esta tensión inferior a la de referencia, la salida del comparador hacia el microprocesador es de nivel alto (bit 1). Debido a esta señal, el microprocesador provoca (mediante el control de tiempo sobre las etapas de potencia) un ligero aumento del tiempo de inyección base.



5.43. Circuito regulación lambda de dos puntos. Mezcla pobre.

El aumento del tiempo de inyección se produce en dos etapas (figura 5.44):

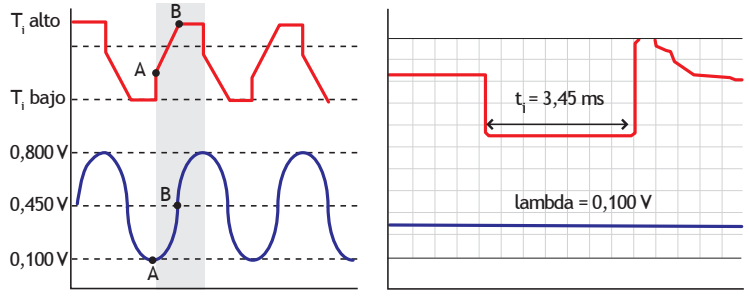
1ª. Aumento rápido del tiempo cuando la tensión de sonda es baja (punto A).
2ª. Aumento amortiguado cuando la tensión de sonda llega a 450 mV (punto B).

- **Cuando la mezcla es rica** (figura 5.45), la cantidad de oxígeno en el escape es reducida y la tensión de sonda lambda alta. Al ser esta tensión superior a la de referencia, la salida del comparador hacia el microprocesador es de nivel bajo (bit 0).

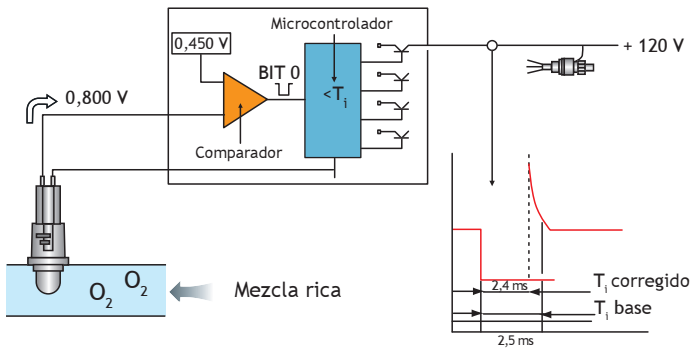
Debido a esta señal, el microprocesador provoca (mediante el control de tiempo sobre las etapas de potencia) una ligera disminución del tiempo de inyección base.

La disminución del tiempo de inyección se produce en dos etapas (figura 5.46):

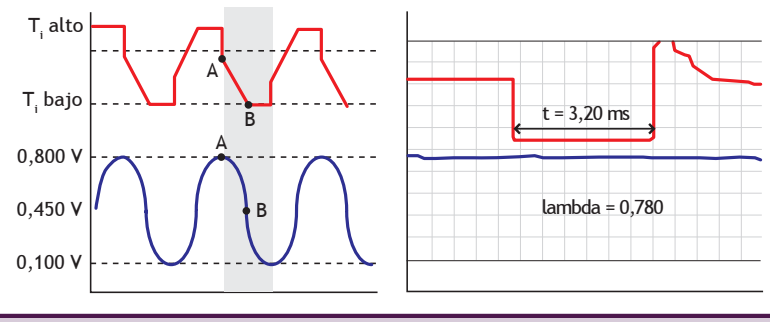
1ª. Disminución rápida de tiempo cuando la tensión de sonda es alta (punto A).
2ª. Disminución amortiguada de tiempo cuando la tensión de sonda llega a 450 mV (punto B).



5.44. Señales de regulación lambda de dos puntos. Mezcla pobre.



5.45. Circuito regulación lambda de dos puntos. Mezcla rica.



5.46. Señales de regulación lambda de dos puntos. Mezcla rica.

Sonda lambda de dióxido de titanio

Está constituida con óxido de titanio sobre un soporte de cerámica calefactada, y presenta una **variación de resistencia interna** que depende de la concentración de oxígeno en los gases de escape (figura 5.47). El cuerpo del medidor está protegido contra daños externos y choques térmicos por una carcasa de acero inoxidable que está en contacto directo con los gases de escape. Estas sondas son muy compactas y su elemento cerámico es multicapa de película gruesa y va unido al elemento calefactor a través de esta capa.

El funcionamiento de este tipo de sonda es idéntico al descrito para las sondas convencionales de dióxido de circonio (ZiO_2), aunque están garantizadas para un funcionamiento más exigente y soportan temperaturas más elevadas.

El principio de funcionamiento de este tipo de sonda se basa en un delgado estrato de dióxido de titanio (TiO_2) cuya resistencia padece una brusca variación en función del contenido de oxígeno (O_2) presente en los gases de escape.

El elemento de lectura (TiO_2) debe estar en contacto con los gases de escape y no necesita del contacto con el aire externo (figura 5.48). Esto permite fabricar este tipo de sonda de manera aislada del exterior y, por tanto, protegida de la suciedad y de todo lo que pueda dañarla. Estas sondas de resistencia variable están alimentadas de 1 a 5 V (según modelo) desde la centralita de inyección.

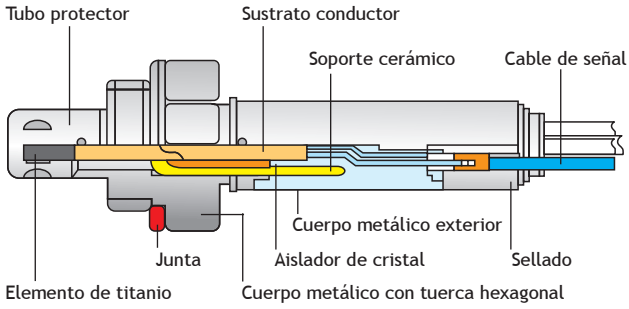
Debido a los diferentes valores de resistencia que adopta la sonda, la caída de tensión que se produce en la resistencia interna variará según la riqueza de mezcla. La UCE mide esta caída de tensión para regular correctamente la mezcla. Cuando esta tensión sea superior a la de referencia (450 mV) la mezcla será rica y viceversa.

En resumen, se puede decir que las grandes diferencias respecto a la sonda de circonio es que este tipo de sonda no entrega tensión, solamente varía su resistencia interna, y tampoco necesita una referencia de oxígeno atmosférico. Sus ventajas son las siguientes:

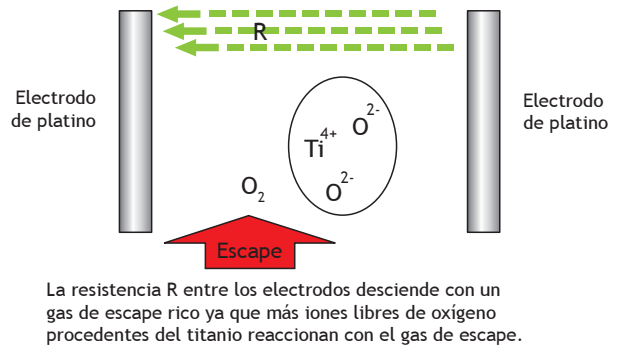
- Sólida y compacta.
- Ofrece una respuesta rápida.
- Resistencia elevada al combustible con plomo.
- Alcanza la temperatura de funcionamiento rápidamente.

El valor lambda se calcula a partir de los valores de resistencia medidos por la sonda (figura 5.49).

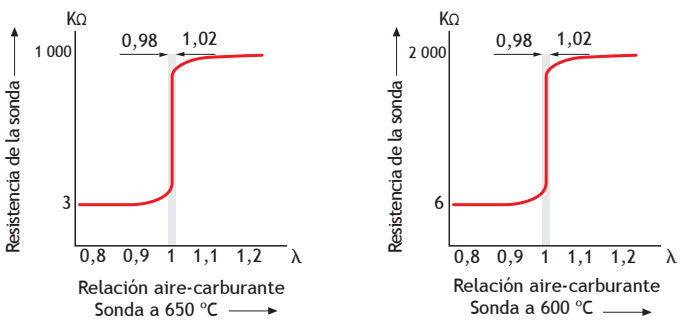
- En ausencia de oxígeno (mezcla rica, $\lambda < 1$), su resistencia es baja y está comprendida entre 3 y 6 MΩ dependiendo de la temperatura, y aumenta la conductividad del dióxido de titanio.
- En presencia de oxígeno (mezcla pobre, $\lambda > 1$), su resistencia es alta y está comprendida entre 1 y 1,5 kΩ dependiendo de la temperatura, y pierde conductividad el dióxido de titanio.



5.47. Sonda lambda de titanio.



5.48. Principio de trabajo de la sonda lambda de titanio.



5.49. Curvas de resistencia en función de lambda.

Cables de sondas lambda de titanio Tipo I		
Rojo	➡	Elemento calefactor (+)
Blanco	➡	Elemento calefactor (-)
Negro	➡	Señal (-)
Amarillo	➡	Señal (+)

Cables de sondas lambda de titanio Tipo II		
Gris	➡	Elemento calefactor (+)
Blanco	➡	Elemento calefactor (-)
Negro	➡	Señal (-)
Amarillo	➡	Señal (+)

Distribución de cables en las sondas de dióxido de titanio

Las sondas lambda calefactadas tanto de circonio como de titanio tienen un funcionamiento en caliente idéntico a las sondas no calefactadas, aunque son mucho más rápidas en alcanzar la temperatura de servicio gracias a la presencia en su interior de un elemento de calentamiento.

Las sondas no calefactadas pueden emplear varios minutos en alcanzar la temperatura de funcionamiento y, durante el funcionamiento del motor, pueden también experimentar enfriamientos imprevistos que bloquean la señal emitida durante algunos instantes. Esto hace imprecisa la gestión de la mezcla aire-gasolina e inválida para el respeto de los parámetros anticontaminantes.

Gracias a la presencia del calentador, la sonda es ya eficaz de 20 a 30 segundos después del arranque. También es posible montar la sonda más lejana del colector de escape protegiéndola de las excesivas temperaturas que se pueden alcanzar en condiciones de funcionamiento del motor a plena potencia durante tiempos prolongados y con climas muy calurosos.

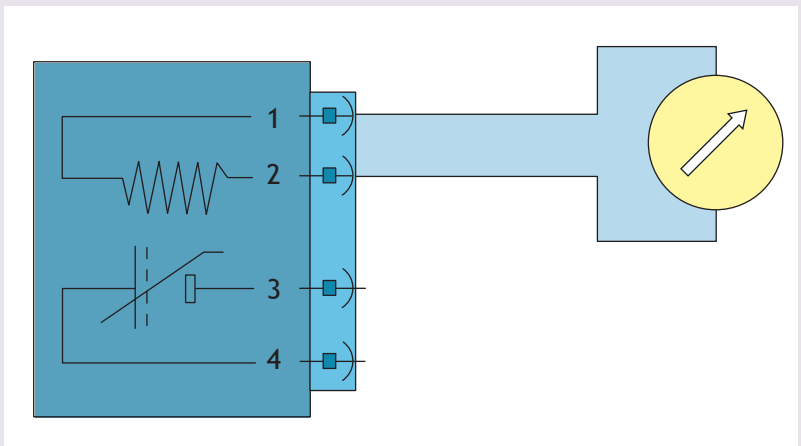
Técnica

Comprobación de la resistencia de calefacción de una sonda lambda convencional de titanio limitada por la UCE a 5 V

•• La resistencia de los calefactores de las sondas puede ser medida desacoplando el conector y aplicando un ohmímetro tal como indica la figura 5.50.

Los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- Desconectar el terminal del sensor.
- Preparar el tester para medir resistencia (Ω).
- Medir la resistencia entre los dos terminales del calentador (4 Ω).
- El sensor debe ser sustituido si la resistencia supera los 30 Ω.



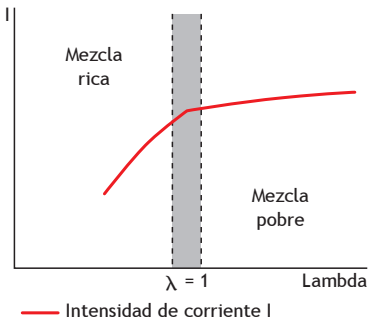
5.50. Comprobación de la resistencia de calefacción de sonda lambda convencional.

Sonda lambda de banda ancha

Las sondas lambda de banda ancha o sondas lineales con ventana lambda de medición ampliada son las más utilizadas actualmente. Miden el contenido de oxígeno en los gases de escape de forma muy precisa.

La señal de salida representa el valor lambda y es proporcional al contenido residual de oxígeno restante en los gases de escape.

A su vez, la señal que utiliza la UCE para reconocer el factor lambda oscila ligeramente entorno a pocas **milésimas de amperio con incrementos casi lineales** (figura 5.51), y no mediante variaciones de tensión como en la sondas convencionales a saltos. Por esto, este tipo de sonda permite medir el valor lambda en una gama más amplia (banda ancha). A diferencia de las sondas convencionales de señales a saltos, que generan una información muy precisa cuando se está trabajando muy cerca de λ = 1, este tipo de sondas puede manejar niveles de gases por encima y por debajo del nivel óptimo, con lo que se reducen tanto las emisiones de escape como el consumo de combustible. Son especialmente útiles en motores que trabajan con mezclas muy pobres. Por ejemplo, los motores de inyección directa de gasolina trabajan en modo de carga estratificada con mezclas pobres (valores lambda superiores a 2) con unas condiciones de buena inflamabilidad. Por lo tanto, las sondas lambda que empleen estos motores deben medir el factor lambda de una forma más amplia y precisa que en un motor convencional de carga homogénea.



5.51. Curva de intensidad de sonda de banda ancha.

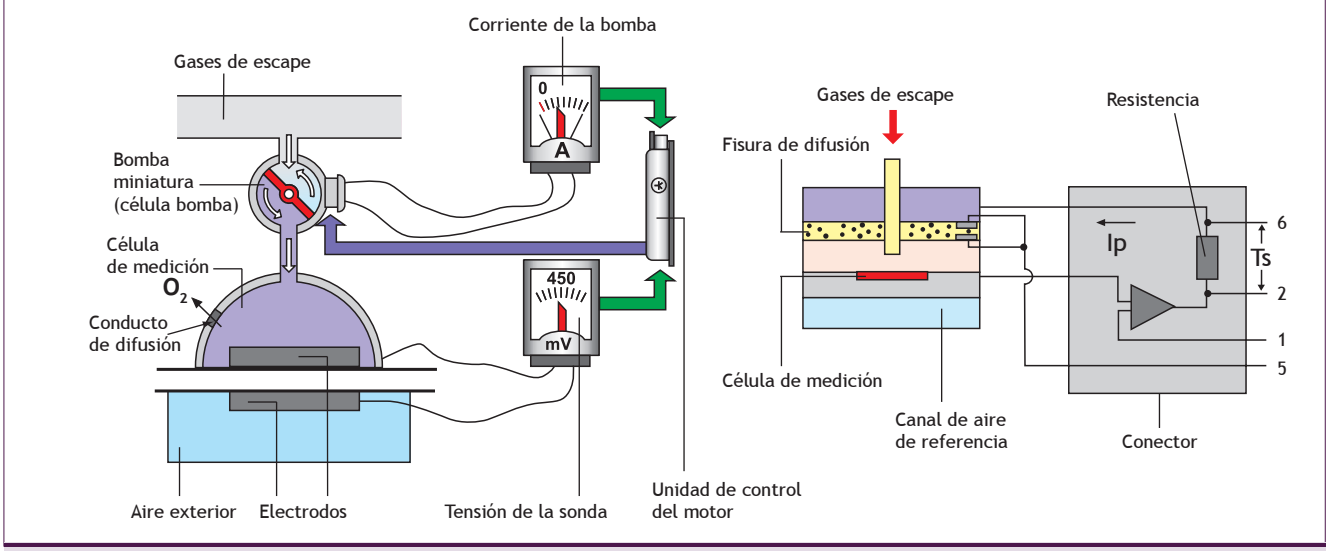
Este tipo de sondas suele tener conectores de 6 terminales y sus característica principales son:

- Máxima precisión y fiabilidad.
- Minimiza el tiempo de respuesta.
- No requiere aire de referencia del exterior, en consecuencia, puede utilizarse una carcasa absolutamente hermética.
- Máxima rapidez en alcanzar la operabilidad gracias a la construcción compacta del elemento sensor.

Constitución

La sonda tiene dos partes principales (figura 5.52):

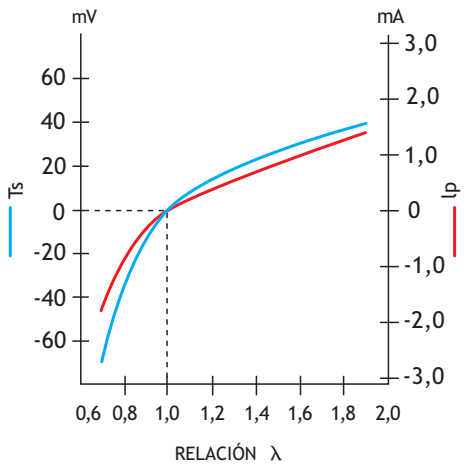
- El **sensor de medición** se compone de una bomba de oxígeno, una célula de medición, una fisura de difusión y la resistencia calefactora.
- Y la **electrónica,** para el funcionamiento de la sonda lambda situada en el conector de la misma.



5.52. Partes principales de sonda de banda ancha.

Célula de medición

La célula de medición está formada por dos electrodos separados por una cerámica. Un electrodo está en contacto con los gases de escape y el otro con el aire exterior. Entre estos electrodos se genera una tensión cuando el contenido de oxígeno entre los gases de escape y el aire exterior es diferente (figura 5.54).



5.53. Curva característica de tensión-intensidad en sonda de banda ancha.

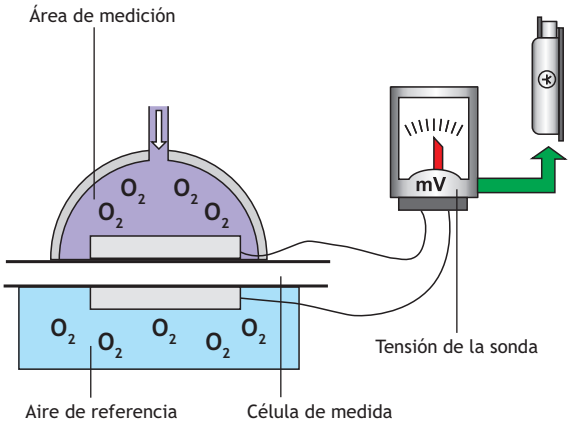
El funcionamiento de la sonda se basa en corregir la falta o exceso de iones de oxígeno del gas que se encuentra en la fisura de difusión. Para ello la célula de medición mide la cantidad de oxígeno residual en los gases de escape, controlando en función de su señal a un amplificador. El amplificador alimenta correspondientemente a la bomba de oxígeno, contrarrestando bien la falta o exceso de oxígeno en la fisura de difusión.

Por lo tanto, **la relación de la mezcla está directamente ligada a la intensidad que consume la bomba de oxígeno, y que la unidad reconoce por la caída de tensión que se genera en una resistencia intercalada en serie con la bomba** (figura 5.53).

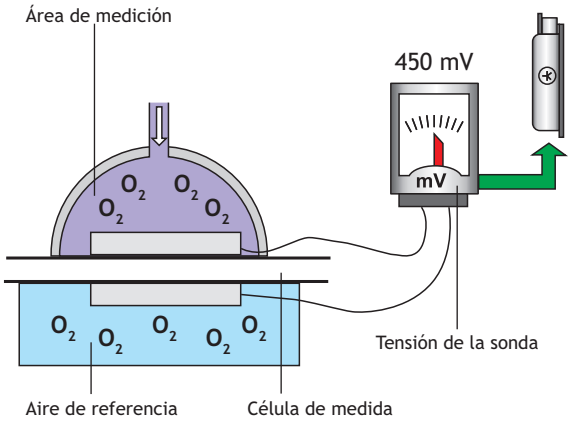
Así, en la gráfica podemos apreciar la relación entre la intensidad hacia la bomba de oxígeno (Ip) y la caída de tensión (Ts) entre los contactos 2 y 6 con respecto al valor de lambda.

La resistencia de calefacción es alimentada en uno de sus terminales por el relé de la bomba y en un segundo terminal recibe excitación de la unidad. Este último es un negativo de frecuencia fija y proporción de periodo variable.

El principio de funcionamiento de la sonda de banda ancha reside en hacer que esta célula trabaje siempre en una zona λ = 1 y que la tensión que genere se mantenga siempre constante a 450 mV, independientemente de la composición de los gases de escape (figura 5.55).



5.54. Generación de tensión entre electrodos.

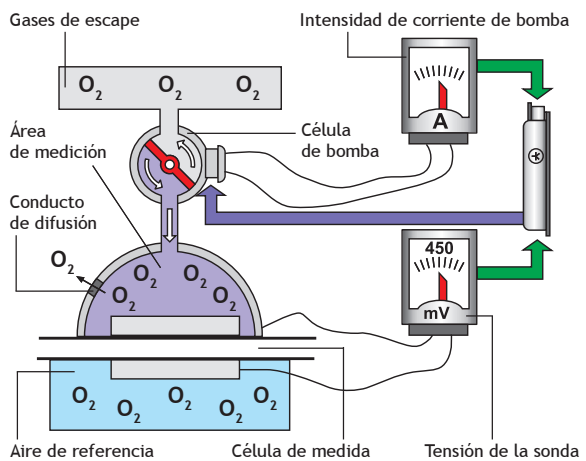


5.55. Mantenimiento de la tensión constante.

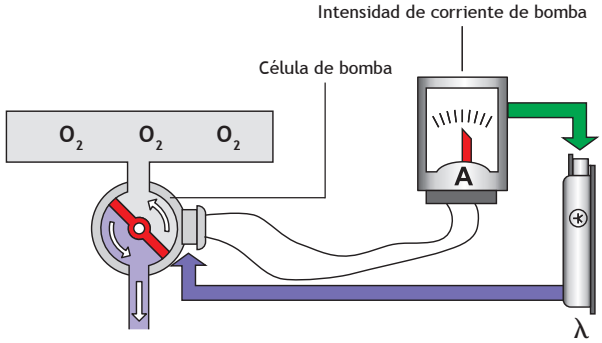
Célula bomba

Formada por dos electrodos y una cerámica, esta célula tiene la propiedad de atraer o repeler iones de oxígeno cuando se le aplica una tensión a sus electrodos. Esto se consigue invirtiendo la polaridad de la tensión de alimentación. En la sonda lambda de banda ancha, la célula bomba puede insertar o retirar iones de oxígeno de la cámara donde se encuentra el electrodo en contacto con los gases de escape. La célula bomba trabajará cuando la tensión entre electrodos de la célula de medición sea superior o inferior a 450 mV (figura 5.56), para mantener estable siempre el valor lambda (figura 5.57).

Mediante el consumo de corriente de la célula bomba, la unidad de mando de la inyección determina el valor lambda de los gases de escape. Es revisado por la UCE y es considerado como una medida proporcional del factor lambda. Por tanto, la célula bomba que actúa como una minibomba recibe constantemente una tensión variable para que así regule el paso de un determinado volumen de gases de escape hacia la cámara de medida en términos de velocidad y sentido.



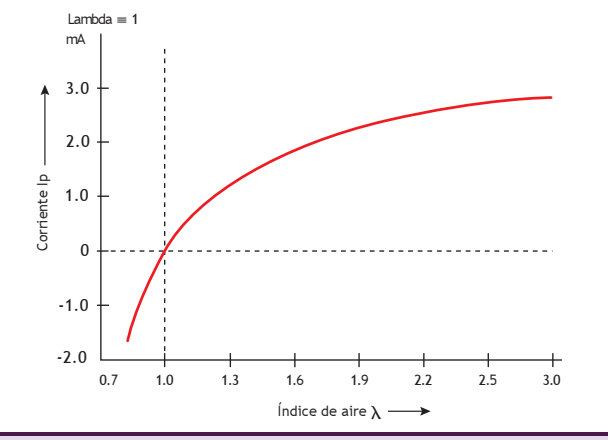
5.56. Funcionamiento de la célula bomba.



5.57. Mantenimiento del valor lambda.

Funcionamiento con mezcla pobre

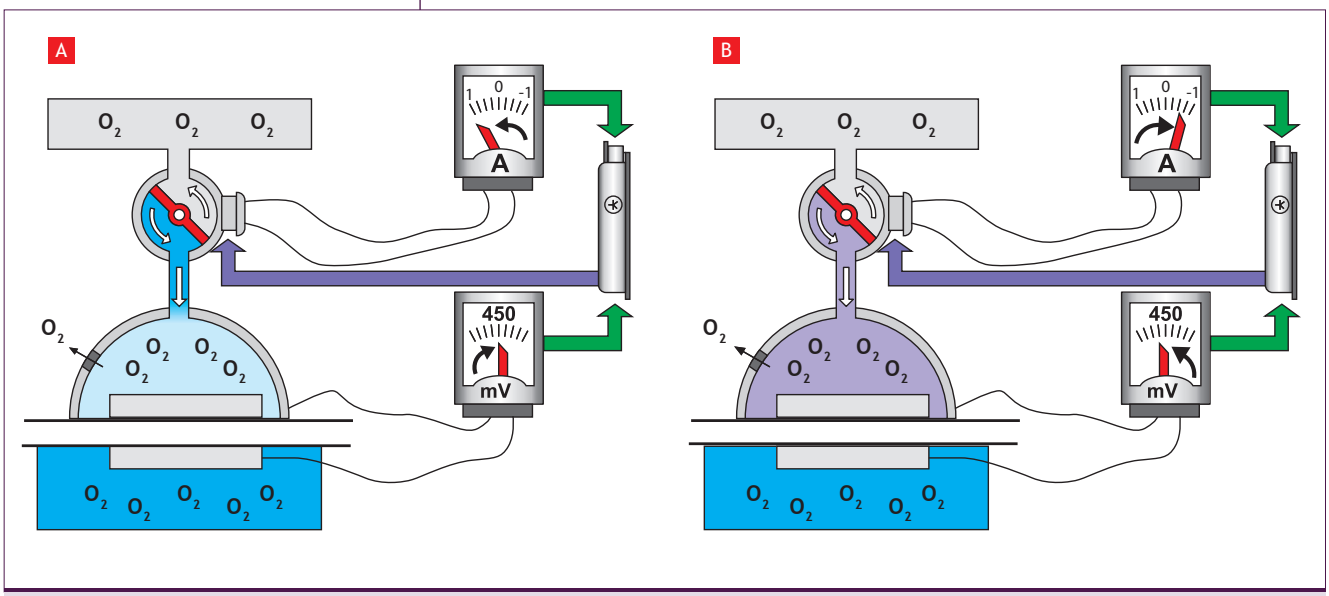
- Cuando la mezcla empobrece, la tensión de la célula de medición tiende a irse a 0 V debido al alto contenido de oxígeno reinante en los gases de escape.
- Para mantener estables los 450 mV, la UCE pone en marcha la célula bomba para que retire iones de oxígeno de la cámara de medición. Con esto, la tensión de salida de la célula de medición volverá a aumentar hasta alcanzar de nuevo 450 mV (figura 5.59.A).
- El consumo de corriente que emplea la célula bomba para mantener estables los 450 mV es transformado en la UCE en un valor lambda: cuanta más intensidad positiva necesite la célula bomba, mayor empobrecimiento tiene la mezcla (figura 5.58).



5.58. Relación entre consumo de la bomba y valor lambda.

Funcionamiento con mezcla rica

- Cuando la mezcla enriquece, los gases de escape contienen mucho menos oxígeno y la tensión de la célula de medición tiende a irse a 1 V debido al bajo contenido de oxígeno reinante en los gases de escape.
- Para mantener estables los 450 mV, la UCE pone en marcha la célula bomba para que inserte iones de oxígeno en la cámara de medición (esto se consigue aplicando polaridad inversa a la tensión de alimentación). Con esto, la tensión de salida de la célula de medición descenderá hasta alcanzar de nuevo 450 mV (figura 5.59.B).
- El consumo de corriente que se produce en la célula bomba para mantener estables los 450 V es transformado en la UCE en un valor lambda determinado. Cuanta más intensidad negativa necesite la célula bomba, mayor enriquecimiento tiene la mezcla.



5.59. Funcionamiento del sistema con mezcla pobre y rica.

Sondas de NO_X

Este tipo de sondas van atornilladas en el tubo de escape, directamente detrás del catalizador-acumulador de NO_X . Tienen la doble función de determinar el contenido de óxido nítrico (NO_X) y de oxígeno (O_2) en los gases de escape, transmitiendo las señales correspondientes a la unidad de control para sensor de NO_X.

Con estas informaciones, la unidad de mando de la inyección verifica el funcionamiento del catalizador, el punto de regulación $\lambda = 1$ de la sonda de banda ancha en el precatalizador y la saturación por NO_X del catalizador.

Mantenimiento de las sondas lambda

Dado que la sonda lambda está sujeta a los efectos del desgaste y del envejecimiento, se recomienda inspeccionar el componente cada 30 000 km o durante la inspección anual del vehículo.

Esta operación es muy recomendable ya que puede conseguir ahorros de combustible del 15% y prevenir un desgaste prematuro del catalizador.

No se han establecido intervalos fijos de servicio de las sondas lambda, ya que teóricamente el proceso de medición no está sujeto a desgaste, pero sí que nos podemos encontrar con algunas circunstancias de uso que pueden afectarle:

- Vibraciones.
- Daños mecánicos.
- Humedad y suciedad del propio componente.
- Contaminación por depósitos de combustible y depósitos de plomo.
- Corrosión del conector.
- Envejecimiento precoz al utilizar el vehículo en trayectos cortos de forma excesiva.

Si alguna de las circunstancias anteriores existiera podríamos tener fallos de funcionamiento en el vehículo que provoquen los siguientes efectos:

- Bajas prestaciones del motor o marcha irregular del mismo.
- Elevado consumo de carburante.
- Incumplimiento de los valores límite establecidos para los gases de escape.

La sonda deberá cambiarse siempre por una unidad con las mismas especificaciones y nunca por una pieza de inferior calidad.

A continuación se exponen algunos de los problemas más habituales de sondas lambda y sus posibles soluciones.

Problema	Solución
Cable y clavija fundidos debido al contacto con el sistema de escape.	Cambiar la sonda y colocar el cable de forma que no entre en contacto con el sistema de escape.
Cable roto y con puntas deshilachadas.	Cambiar la sonda y colocar el cable sin tensarlo demasiado.
Sellado de silicona desplazado o aflojado que permite la entrada de agua en la sonda.	Cambiar la sonda y colocar el cable sin tensarlo demasiado.
Sonda doblada.	Cambiar la sonda.
Agua en el interior del conector y óxido en los terminales.	Cambiar la sonda. Comprobar las conexiones eléctricas, la estanqueidad del conector y la conexión entre la sonda y la unidad de control del motor.
Depósitos de carbón que obstruyen las aperturas del tubo protector. Causa: mezcla demasiado rica o consumo excesivo de aceite debido al desgaste del motor y holguras en el pistón o en las guías de las válvulas.	Diagnosticar y eliminar el fallo. Observación: los depósitos excesivos de hollín y lubricante en el tubo protector de la sonda no son provocados por la sonda.

Motivos de avería de una sonda lambda

A continuación se señalan algunas razones por las que puede averiarse una sonda lambda:

a) **Depósitos de plomo** (figura 5.60). Si los depósitos son brillantes, el combustible contiene plomo. El plomo afecta al metal precioso que contiene el elemento sensor y al catalizador. Es preciso sustituir la sonda. Después del cambio, se debe utilizar exclusivamente combustible sin plomo.

b) **Depósitos de carbón** (figura 5.61). Los depósitos de hollín bloquean el tubo protector de la sonda y afectan al tiempo de respuesta. Estos depósitos pueden deberse a una mezcla demasiado rica o a una avería del calefactor de la sonda. Siempre es preciso sustituir la sonda.

c) **Contaminación por aceite** (figura 5.62). Las incrustaciones blancas o grises claramente visibles indican que se utilizan aditivos en el combustible o que el aceite del motor está contaminado. Algunos componentes de los aditivos del combustible y del aceite pueden producir estas incrustaciones en el elemento sensor. Hay que eliminar la causa y cambiar la sonda.

5.60. Depósitos de plomo en la sonda lambda. Fuente NGK.

5.61. Depósitos de carbón en la sonda lambda. Fuente NGK.

5.62. Contaminación por aceite en la sonda lambda. Fuente NGK.

Técnica

Diagnosis de averías

•• A continuación se citan los apartados generales para diagnosticar una sonda lambda.

a) Puntos de control.

- Revisar la resistencia del calentador. Si es superior a 30 Ω la sonda está averiada.
- Comprobar si el cable está roto o dañado el conector.
- Revisar si el sellado de silicona se encuentra aflojado.
- Comprobar si la humedad ha afectado al conector.
- Buscar posibles signos de corrosión en los terminales del conector.
- Verificar que los cables están correctamente instalados y colocados.
- Comprobar si la sonda presenta daños visibles.

b) Verificación visual. Aunque es cierto que la sola comprobación visual no es suficiente para determinar el funcionamiento de la sonda lambda, resulta útil revisar visualmente todas las líneas de conexión, conectores y el cuerpo de la sonda antes de la prueba de funcionamiento, puesto que alguna irregularidad en estas zonas también puede distorsionar la señal de la sonda.

c) Sondas lambda postcatalizador. Estas sondas están montadas a la salida del catalizador e informan a la UCE del motor sobre el estado del catalizador. Normalmente se montan sondas de dos puntos cuyo funcionamiento y diagnosis se ha analizado anteriormente.

Si el catalizador funciona correctamente, la sonda a la salida del catalizador no debe detectar diferencia de oxígeno (figura 5.63).

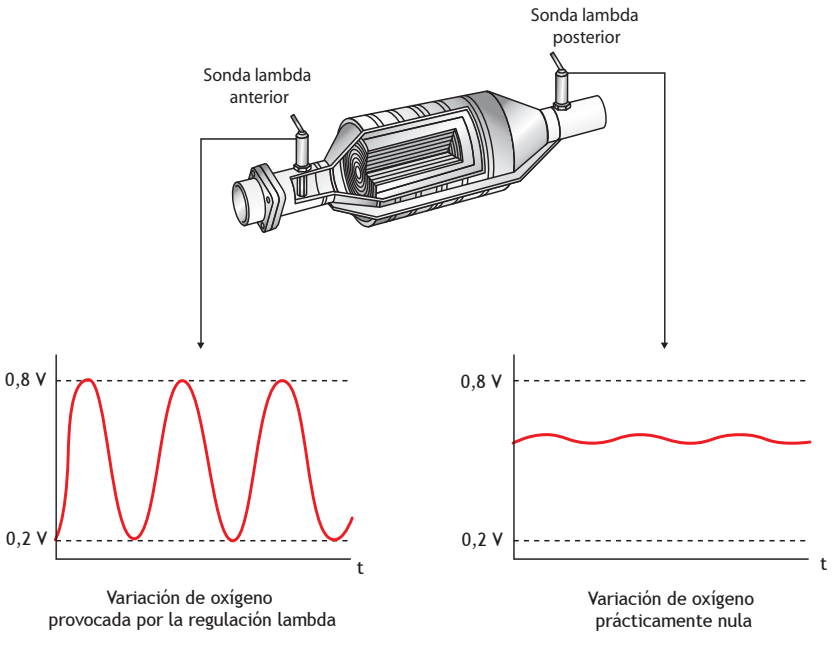
Normalmente, la sonda anterior al catalizador siempre indicará una variación de oxígeno en el escape (0,2 a 0,8 V) provocada por la regulación lambda. Gracias a estas variaciones de oxígeno el catalizador puede eliminar los principales elementos contaminantes procedentes de la combustión (HC, CO, NO_x).

Por lo tanto, si el catalizador tiene la temperatura de trabajo adecuada y funciona correctamente, no habrá casi variación de oxígeno a su salida. La sonda lambda posterior indicará una cantidad de oxígeno prácticamente estable que dependerá del estado de riqueza de la mezcla.

d) Prueba de funcionamiento con osciloscopio.

Análisis de la señal eléctrica:

- Controlar que los parámetros del motor correspondan a las especificaciones del constructor.
- Llevar el motor a la temperatura de funcionamiento. La sonda lambda solo funciona cuando se consigue la temperatura óptima.
- Utilizando un instrumento de empalme adecuado, empalmar la salida de la sonda al osciloscopio (cable negro o cable negro y cable gris en el caso de ISO). Llevar el motor a 2 000 rpm. Una sonda lambda que funciona de modo adecuado dará una señal de salida que oscilará rápidamente entre 0 y 1 V.
- La frecuencia de oscilación debe ser de unos 300 milisegundos aproximadamente. Si la salida del sensor es constante o el tiempo de respuesta es excesivamente lento, deberá sustituirse la sonda.
- Una sonda con oscilaciones lentas afectará al consumo de combustible. Una sonda nueva se amortizará pronto, reduciendo el consumo de carburante hasta un 15%.



5.63. Variación de oxígeno a la entrada y a la salida del catalizador.

>> Casos prácticos

Control sobre una sonda lambda a saltos de circonio

•• Efectúa los controles sobre una sonda lambda a saltos de circonio durante la diagnosis de buen funcionamiento con el motor en marcha y la sonda desconectada o conectada.

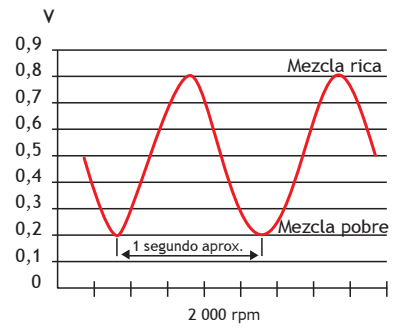
Solución •• Las verificaciones que se deben realizar sobre una sonda a saltos de circonio son las siguientes:

- Se desmonta la sonda y se comprueba el estado de la cubierta metálica que protege la cápsula cerámica:
  - Aspecto blanquecino: el funcionamiento no es correcto.
  - Negro: el funcionamiento es correcto.

  Debe comprobarse que no existe ninguna toma de aire en algún tramo del escape y que la arandela de la sonda disponga de un cierre hermético.
- Se monta de nuevo la sonda lambda y se retira el conector:
  - Se verifica la continuidad de los cables y la ausencia de óxidos y sulfataciones.
  - Se comprueba la resistencia calefactora colocando un multímetro entre los pines a los que llegan sus cables (normalmente blancos). Los valores medidos en frío deben ser bajos, entre 3 y 12 ohmios. Si la resistencia estuviese cortada, daría un valor infinito.
- Se acopla el conector y se mide con un voltímetro la tensión de la resistencia calefactora (cables blancos), que debe ser de 12 V. El motor debe estar en marcha, porque esta resistencia es alimentada desde el mismo relé que alimenta a la bomba de combustible.
- Una vez comprobado el estado de la sonda, de los cables y de la resistencia calefactora, se puede verificar el funcionamiento de la sonda con un multímetro o con un osciloscopio (seleccionando una sensibilidad de 100 mV por división y un tiempo de barrido de 2 segundos por división). Para ello:
  - Se conecta la punta de medición a los cables que llevan la señal de salida desde el conector al calculador (normalmente, negro y gris).
  - Se arranca el vehículo y se espera a que alcance su temperatura de funcionamiento (80 ó 90 °C) con el motor al ralentí (850 a 1 000 rpm). La línea de barrido del osciloscopio debe fluctuar de arriba a abajo entre valores de tensión de 800 mV a 200 mV.

    Estas variaciones deben seguir un ritmo de 3 a 5 oscilaciones cada 10 segundos.
  - Se acelera el motor hasta que alcance una velocidad de giro de media carga (2 500 rpm) y se observan las variaciones de tensión en el osciloscopio.

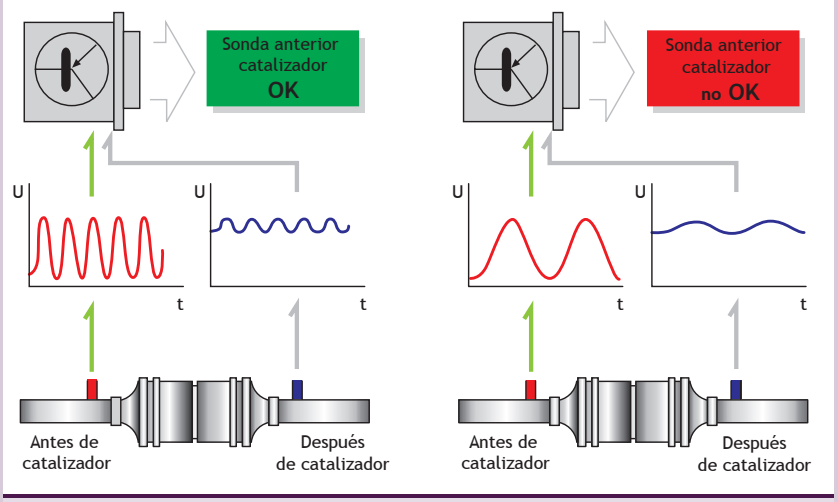
    Los niveles de tensión máximos y mínimos deben ser los mismos al ralentí, pero el ritmo de las variaciones debe aumentar de 8 a 10 cada 10 segundos (figura 5.64).
  - Las oscilaciones de la señal de arriba a abajo y viceversa son las informaciones que la centralita de inyección necesita para las continuas correcciones de la mezcla.



5.64. Voltaje de sonda lambda.

- Si el voltaje producido por la sonda lambda no cambia hacia arriba o hacia abajo lo suficientemente rápido, o no está dentro de los valores expuestos, deberá ser sustituida (figura 5.65).

Frecuentemente no es culpa del sistema en sí mismo ni de sus componentes, sino de una causa externa como, por ejemplo, problemas de encendido o mal funcionamiento de algún sensor del motor.



5.65. Prueba de regulación de la tensión lambda anterior al catalizador.

Casos prácticos

Comprobación de la sonda lambda

•• Realiza un esquema en donde se refleje la forma de actuar ante un problema de sonda lambda.

Solución •• Las averías más habituales en una sonda lambda se pueden solucionar según el siguiente esquema:

ACTIVACIÓN DE LA LUZ DE ALERTA

Problemas con la sonda lambda

Revisión de los cables

Comprobación de la sonda

- Señal de voltaje de la sonda. El voltaje debe oscilar entre 0 V y 1 V
- Elemento calefactor
- Resistencia a temperatura ambiente (varía según modelos)
- Alimentación
- Voltaje de 10,5 V o más

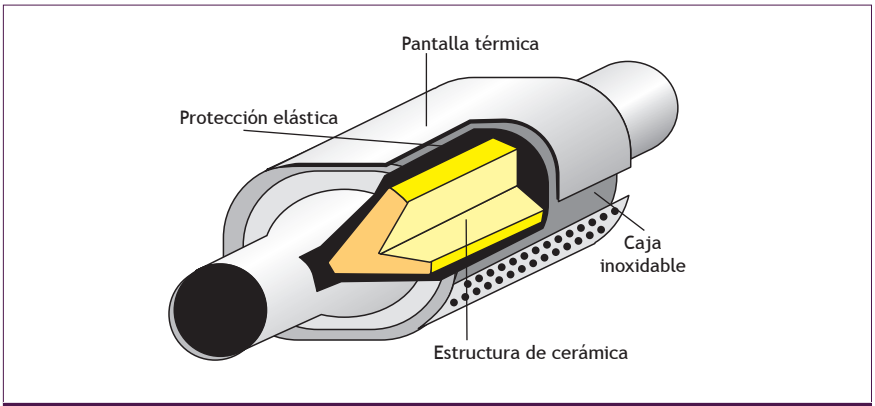
Comprobación visual-Análisis de sonda

- Rotura de cable o conector
- Mal sellado de silicona
- Humedad en el conector
- Corrosión en los terminales
- Daños visibles en la sonda

4.4 > Convertidores catalíticos

La depuración actual de los gases de escape se realiza por medio de catalizadores.

> **El catalizador es un dispositivo capaz de reducir las sustancias contaminantes que contiene el gas de descarga de los motores de combustión interna. No es un filtro sino un reactor químico que mediante la técnica de la catálisis, produce reacciones de conversión entre el gas y los metales preciosos incluidos en él.**



5.66. Catalizador.

El catalizador va instalado en el tubo de escape, cerca del motor, ya que ahí los gases mantienen una temperatura elevada. Esta energía calorífica pasa al catalizador y eleva su propia temperatura, circunstancia indispensable para que este dispositivo tenga un óptimo rendimiento. **La temperatura idónea de funcionamiento del catalizador** para obtener un alto porcentaje de conversión y una larga duración del mismo está comprendida entre los 300 y 800 °C. Por debajo de los 300 °C no existe actividad y a partir de los 800 °C se produce la degradación de los elementos catalizadores y del mismo soporte catalizador.

El **envejecimiento térmico** del catalizador queda acelerado en el campo de 800 °C a 1 000 °C a causa de la sintetización de los metales nobles y del monolito cerámico. Exteriormente el catalizador es un recipiente de acero inoxidable, frecuentemente provisto de una carcasa-pantalla metálica antitérmica, igualmente inoxidable, que protege los bajos del vehículo de las altas temperaturas alcanzadas.

En su interior contiene un soporte cerámico o monolito, de forma oval o cilíndrica, con una estructura de múltiples celdillas en forma de panal, con una densidad de estas de aproximadamente 450 celdillas por cada pulgada cuadrada (unas 70 por centímetro cuadrado). Su superficie se encuentra impregnada con una resina que contiene elementos nobles metálicos, tales como platino (Pt) y paladio (Pd), que permiten la función de **oxidación,** y rodio (Rh), que interviene en la **reducción.** Estos metales preciosos actúan como elementos activos catalizadores, es decir, inician y aceleran las reacciones químicas entre otras sustancias con las cuales entran en contacto, sin participar ellos mismos en estas reacciones (figura 5.67).

Vocabulario

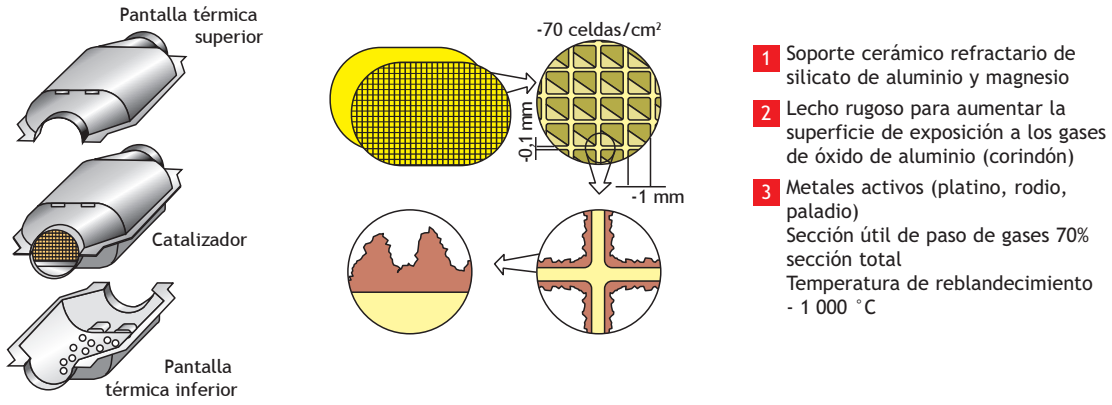
Platino: metal blanco plateado, de brillo similar a la plata. Dúctil y maleable, de gran densidad, es un buen conductor del calor y de la electricidad. Absorbe gases en caliente.

Vocabulario

Paladio: metal blanco-grisaceo, dúctil y maleable que se obtiene a partir de minerales de platino, oro, cobre, etc. No se empaña al aire. Absorbe hasta 900 veces su propio volumen de hidrógeno, lo cual le confiere gran valor como catalizador.

Vocabulario

Rodio: se obtiene por separación de los metales con los que se encuentra (platino, cobre y níquel) y posterior purificación. Es un metal blanco, más duro y de mayor temperatura de fusión que el platino y el paladio. Dentro del sector del automóvil se emplea como material para contactos eléctricos, fabricación de reflectores para faros de automóviles y como catalizador.



5.67. Constitución del catalizador.

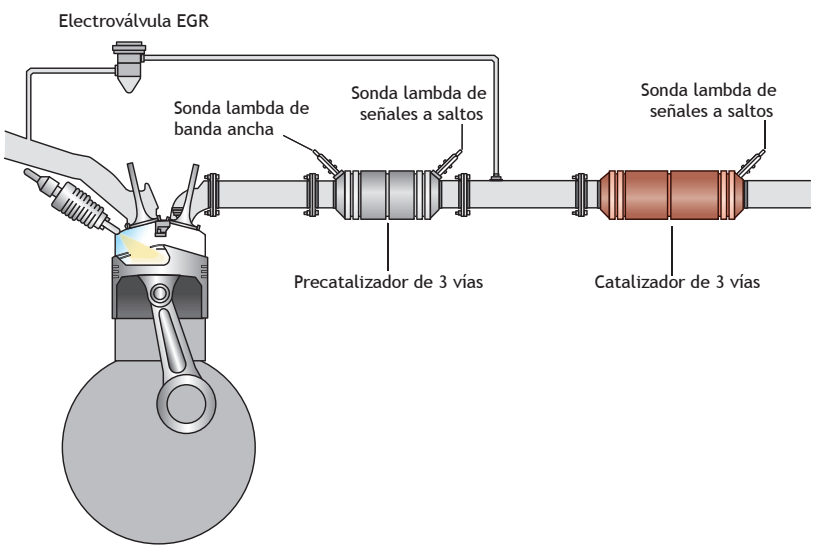
El contenido de estos metales nobles incluidos en un catalizador es de aproximadamente 2 a 3 gramos.

Los gases de escape contaminantes generados por el motor, al entrar en contacto con la superficie activa del catalizador, son transformados parcialmente en elementos inócuos no polucionantes.

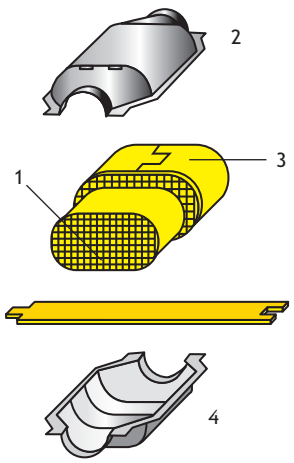
El uso de gasolinas que contienen partes de plomo perjudica al convertidor catalítico irremediablemente, reduciendo la capacidad de conversión hasta inutilizar su presencia en el circuito. Además del plomo, otro elemento que estropea rápidamente el catalizador es la presencia de gasolina no quemada en el catalizador mismo.

El catalizador despliega su efecto de depuración a partir de una temperatura de 300 °C aproximadamente y requiere un cierto tiempo para alcanzar su temperatura de servicio después del arranque en frío.

En los sistemas de escape de vanguardia se implantan precatalizadores para abreviar la fase de calentamiento y poder depurar los gases de escape después de un tiempo mínimo (figura 5.68). Estos precatalizadores se instalan cerca del colector de escape, tienen generalmente unas dimensiones más pequeñas y alcanzan por ello más pronto su temperatura de servicio.



5.68. Depuración de gases mediante precatalizadores.



1 Monolitos de cerámica
2 Concha superior (chapa acero inoxidable)
3 Banda de protección flexible
4 Concha inferior (chapa acero inoxidable)

5.69. Componentes principales de la cámara del catalizador.

Clasificación de los catalizadores atendiendo a diferentes aspectos

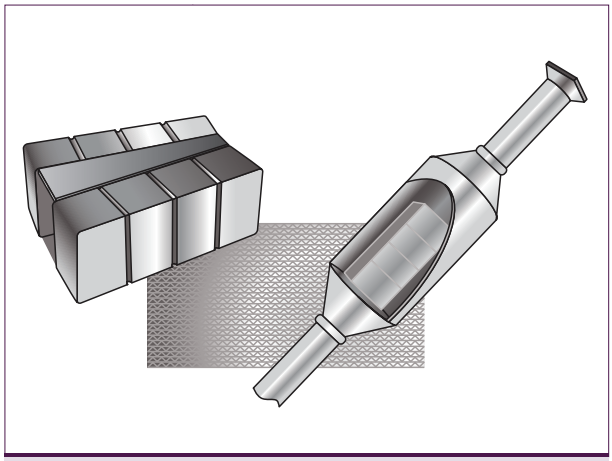
– **Según el material de fabricación y forma**

- **Cerámico.** El catalizador metálico está formado por un **monolito de cerámica** atravesado por infinidad de orificios o canales (figura 5.69). Por estos canales pasan los gases de escape. La parte cerámica se compone de silicato de magnesio-aluminio resistente a altas temperaturas. El monolito, que reacciona con extremada sensibilidad frente a las tensiones, está fijado en una **carcasa** de chapa. Para ello existe entre la cubierta de chapa y el soporte una **malla metálica** elástica formada por alambres de acero de alta aleación. Esta malla debe ser suficientemente elástica para poder asumir las tolerancias de fabricación, los diferentes coeficientes de dilatación entre el material de carcasa y el material de soporte, las cargas mecánicas durante el servicio del vehículo y las fuerzas de gas que actúan sobre el cuerpo cerámico. Este diseño tiene tres problemas importantes:
  - **Debilidad:** un fuerte golpe puede dañarlo.
  - **Efecto de contrapresión:** el monolito se comporta como un tapón. El humo de escape no fluye fácilmente. Aparece contrapresión, una presión que se opone a la salida del humo.
  - **Fusión:** un exceso de combustible provoca que una cantidad mayor de la normal entre en el motor. En caso de rebosar, llega hasta el colector y el catalizador provocando su inflamación, así como una fuerte subida de temperatura que conllevará la fusión de la cerámica.

- **Metálico.** Está construido por láminas enrolladas que forman una espiral. Estas láminas contienen los tres metales preciosos presentes en todo catalizador: paladio, rodio y platino. Estos tres metales se encargan de acelerar las reacciones de limpieza de gases que se producen en el catalizador. Este monolito, más resistente, también adolece de un problema característico: la **contrapresión.**
  Se pueden utilizar en montaje cerca del motor como catalizadores previos o de arranque, adicionalmente al catalizador principal, para conseguir, después del arranque frío del motor, un efecto más rápido de la conversión catalítica. Contra su aplicación como catalizador principal están esencialmente los gastos demasiado altos en comparación con los monolitos cerámicos.
  Tanto los monolitos cerámicos como los metálicos requieren la capa soporte de óxido de aluminio llamada *wash-coat,* que aumenta la superficie eficaz del catalizador, multiplicándola aproximadamente por un factor de 7 000 veces. En esta capa van distribuidos los metales preciosos.

- **Metálico de flujo radial, RFM.** Tiene un diseño en forma de cuña basado en el efecto venturi: al reducir la sección de un tubo, un fluido que lo atraviese aumenta su velocidad. Este diseño favorece que el humo siga su curso y no se vuelva hacia el motor, es decir, disminuye el efecto contrapresión que ocurría en los catalizadores cerámicos y metálicos.

- **De substrato modular metálico, MMS.** Es el sucesor de los catalizadores de flujo radial. Estos catalizadores metálicos (MMS) ofrecen toda una serie de ventajas. Una de ellas es la mejora en el rendimiento ya que, gracias al diseño de monolito en cuña modular en forma de dados (figura 5.70), rebaja aún más el efecto contrapresión que los catalizadores de flujo radial (entre 18 al 20%). Este efecto produce una mayor facilidad en la evacuación de gases, apreciándose un aumento en la misma proporción en el flujo de humo. También ofrece una flexibilidad de diseño. Está compuesto de aleaciones especiales que soportan elevadas temperaturas sin sufrir fusiones. De la misma forma, su diseño metálico permite un importante espacio para que el humo fluya.
  Otra diferencia respecto al catalizador cerámico es que este último posee 70 celdillas (o túneles) por centímetro cuadrado de monolito mientras que un MMS (Substrato Modular Metálico) llega a las 248 celdillas. Esta reducción de pared es lógica: un monolito cerámico ha de tener paredes gruesas para evitar que se fracture por golpes. En el caso del metálico, son unas simples láminas altamente resistentes que permiten mayor resistencia aun siendo más delgadas.



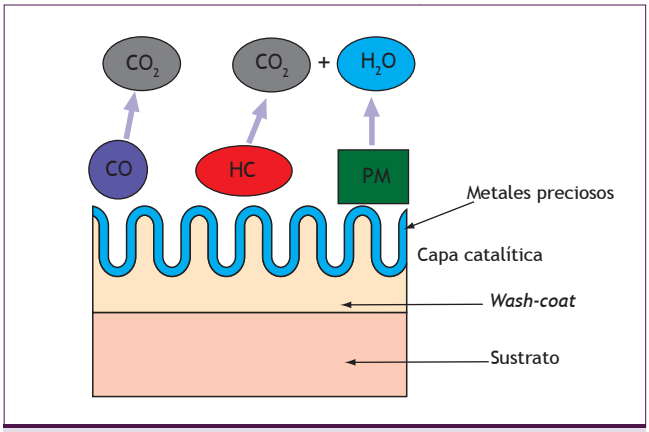
5.70. Catalizador metálico de substrato modular.

Las ventajas del monolito metálico respecto al cerámico se resumen en:

- Mejor conductibilidad térmica.	- Menor espesor de las paredes del sustrato.
- Menor tiempo de calentamiento.	- Mayor superficie eficaz.
- Menores riesgos de recalentamiento.	- Elevada resistencia al estrés térmico.
- Posibilidad de diferente número de celdas.	- Reciclaje más sencillo.
- Menores dimensiones a igualdad de eficacia.	

– **Según el tipo de vehículo**

- **Motor gasolina.** La regulación del ciclo de depuración catalítica corre a cargo de la unidad de control del motor: la sonda lambda transmite a la unidad de control del motor las señales correspondientes al contenido de oxígeno en los gases de escape. La unidad de control del motor se encarga de ajustar la mezcla de combustible y aire a una proporción $\lambda = 1$.
- **Motor diésel.** El motor diésel trabaja con un excedente de oxígeno en la mezcla de combustible y aire. Por ese motivo no es necesario regular el contenido de oxígeno a través de la función de las sondas lambda, y un catalizador de oxidación se encarga de la depuración catalítica de los gases de escape con ayuda del alto contenido residual de oxígeno en estos. Eso significa que en el caso del motor diésel no se procede a regular la depuración catalítica de los gases de escape, y que el catalizador de oxidación solamente puede convertir los componentes oxidables. De esa forma se reducen claramente los hidrocarburos y el monóxido de carbono. Sin embargo, los contenidos de óxidos nítricos en los gases de escape pueden ser reducidos únicamente mediante mejoras en el diseño, por ejemplo, cámaras de combustión y sistemas de inyección.



5.71. Reacción catalítica de oxidación en un motor diésel.

Para los motores diésel no es posible utilizar un catalizador de 3 vías como el que se monta para los motores de gasolina. La causa reside en el exceso de aire que se necesita para la combustión del gasoil. Los gases de escape contienen una mayor concentración de oxígeno, lo cual impide el uso de los catalizadores de 3 vías. Según ya dice su nombre, el catalizador de oxidación únicamente puede efectuar la conversión de las sustancias contaminantes en los gases de escape a través de un proceso de oxidación. Eso significa que los óxidos nítricos (NO_x) no se transforman por reducción como en el motor de gasolina. Para limitar las emisiones de óxidos nítricos se ha implantado la recirculación de gases de escape. La configuración del catalizador de oxidación es bastante parecida a la del catalizador de tres vías, con la diferencia de que no lleva sondas lambda. Los gases de escape también tienen que fluir aquí a través de conductos pequeños, pasando así ante la capa catalítica activa (figura 5.71).

El catalizador de oxidación diésel está diseñado para oxidar monóxido de carbono, hidrocarburos gaseosos y la fracción orgánica soluble (FOS).

$$CO + 1/2\ O_2 \rightarrow CO_2\ ;\ HC + O_2 \rightarrow CO_2 + H_20\ ;\ FOS + O_2 \rightarrow CO_2 + H_20$$

Un problema que pueden tener estos catalizadores es que a altas temperaturas (400 °C) se puede producir la oxidación del dióxido de azufre que se encuentra en pequeñas cantidades en el combustible y convertirse en trióxido de azufre que, combinado con agua, forma ácido sulfúrico, producto altamente corrosivo que puede producir graves defectos en la línea de escape.

$$SO_2 + 1/2\ O_2 \rightarrow SO_3\ ;\ SO_3 + H_20 \rightarrow H_2SO_4$$

De lo anterior podemos concluir que el catalizador debe oxidar los FOS pero sin oxidar los SO_2.

– **Según el concepto de gases de escape y el fin de aplicación.** A lo largo de la historia de los catalizadores se ha ido perfeccionando su funcionamiento para eliminar la mayor cantidad posible de gases dañinos. Existen cuatro principales sistemas de catalizador.

- **Catalizador de dos vías (oxidación).** Este catalizador de oxidación trabaja con exceso de aire y transforma los **hidrocarburos y el monóxido de carbono por oxidación,** es decir, por combustión, convirtiéndolos en vapor de agua y dióxido de carbono. Los catalizadores de oxidación no pueden reducir prácticamente los óxidos de nitrógeno. En los motores de inyección, el oxígeno necesario para la oxidación se consigue casi siempre mediante un ajuste pobre de la mezcla ($\lambda = 1$). Estos catalizadores hoy en día apenas se utilizan.
- **Catalizador de tres vías con toma de aire (catalizador de bucle abierto). Elimina CO, HC y NO_x.** Solamente se ha utilizado en los vehículos americanos. Lleva una primera etapa que elimina los NO_x y una segunda etapa que actúa como un catalizador de dos vías.

V Vocabulario

FOS: fracción orgánica soluble. Hidrocarburos pesados absorbidos y condensados en partículas de carbón.

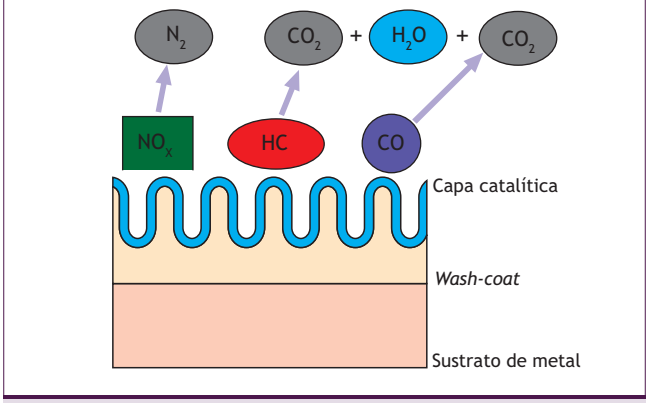
- **Catalizador de tres vías (catalizador de bucle cerrado).** Tiene la propiedad de eliminar simultáneamente en gran medida los tres componentes contaminantes (por eso, tres vías). Condición previa es que la mezcla aportada al motor y, con ella, los gases de escape presenten una relación estequiométrica. Esto se consigue de la mejor manera mediante la regulación lambda. Para este concepto de motor el catalizador de tres vías en combinación con la regulación lambda es el sistema depurador de gases de escape más eficaz actualmente y se aplica por lo tanto para el cumplimiento de los valores límite más estrictos sobre gases de escape. El principio de **depuración catalítica de tres vías** se basa en el paso de los gases de escape por los canales del monolito. De esta forma entran en contacto con los metales nobles del catalizador y generan las reacciones químicas de **oxidación y reducción** necesarias para producir la conversión de los gases nocivos CO, HC y NO_x contenidos en los gases de escape. Estos se transforman en CO_2 y vapor de agua (figura 5.72):

  - Los óxidos nítricos se reducen formando dióxido de carbono y nitrógeno.
  - El monóxido de carbono se oxida a dióxido de carbono.
  - Los hidrocarburos se oxidan a dióxido de carbono y agua.

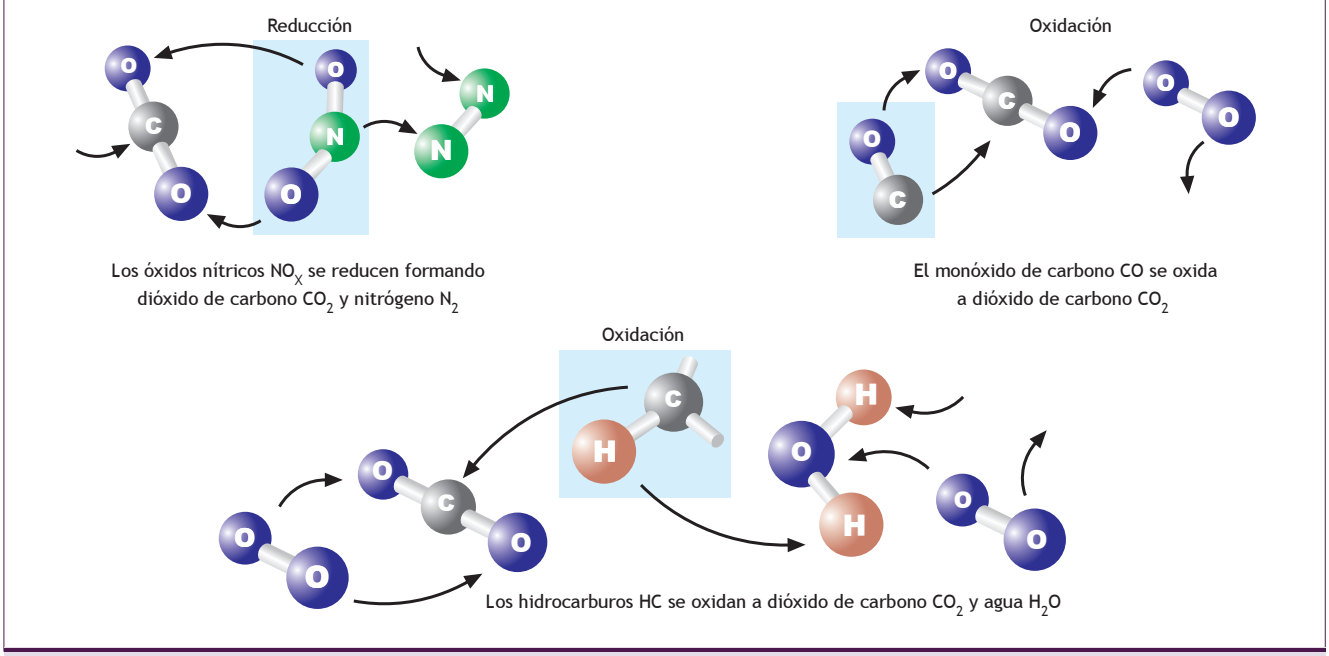
La **depuración catalítica** se basa en dos reacciones químicas (figura 5.73):

- **Reducción.** Extracción de oxígeno de los componentes de los gases de escape.
- **Oxidación.** Adición de oxígeno a los componentes de los gases de escape (recombustión).

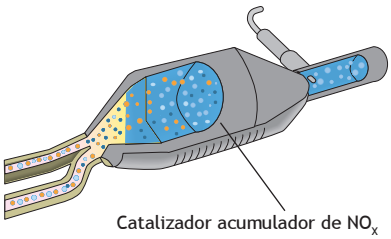
Práctica 8



5.72. Reacción catalítica del catalizador de un motor de gasolina.

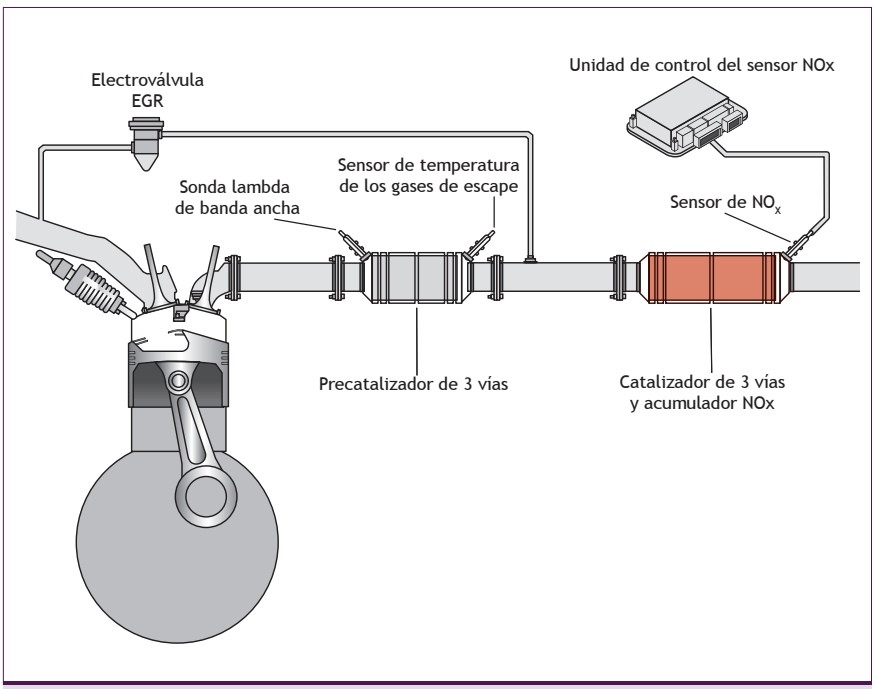


5.73. Depuración catalítica de un catalizador de tres vías.



5.74. Catalizador-acumulador de NO_x.

- **Catalizador acumulador de NO_x.** El catalizador acumulador de NO_x tiene la misma estructura que un catalizador convencional de tres vías, pero se le ha añadido a los tradicionales materiales nobles que conforman la cerámica del monolito óxido de bario (BaO), que acumula óxidos de nitrógeno formando nitrato a temperaturas de entre 250 °C y 500 °C (figura 5.74). Ubicado como catalizador principal, trabaja como catalizador de 3 vías y además **adicionalmente retiene los NO_x.**
  Este tipo de catalizadores lleva el sensor de NO_x detrás del catalizador acumulador de NO_x. Funciona como una sonda lambda de banda ancha y sirve para determinar el contenido de óxidos de nitrógeno (NO_x) y oxígeno de los gases de escape (figura 5.75).



5.75. Circuito de escape con acumulador de NO_x y sonda lambda.

A partir del contenido de óxidos de nitrógeno se determina la capacidad disponible del catalizador acumulador de NO_x. Según el contenido de oxígeno se vigila el funcionamiento del catalizador, adaptando en caso necesario la cantidad inyectada. El sensor de NO_x envía las señales a la unidad de control específica del sensor.

De todo lo anteriormente expuesto en cuanto a catalizadores se pueden obtener dos grandes conclusiones:

- Para que sea 100% efectivo el catalizador, la instalación del mismo deberá estar lo más cerca posible del colector de escape, dentro del margen donde la temperatura de los gases de escape oscile entre 400 °C y 800 °C.
- En condiciones normales de funcionamiento de los motores, las reacciones químicas generadas en el interior del catalizador son exotérmicas, por lo que, en general, la zona de mayor concentración de calor y temperatura emitida por los catalizadores se localiza siempre en la parte posterior de los mismos.

V Vocabulario

Bario: metal de color blanco argénteo maleable. Es extremadamente reactivo, reacciona con facilidad con agua, amoniaco, halógenos, oxígeno y la mayoría de ácidos. En automoción también se utiliza en aleaciones para bujías.

Daños a los catalizadores

Hay varios factores que pueden acabar con un catalizador. Algunos de ellos son fácilmente evitables:

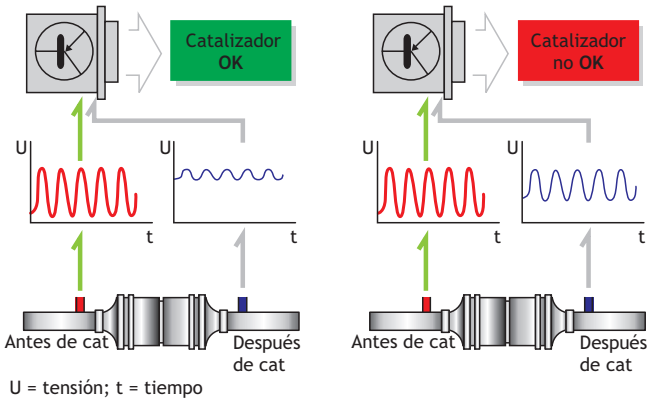
a) **Envenenamiento por plomo.** El plomo contenido en las gasolinas, así como el presente en algunos aditivos, daña seriamente el catalizador, llegando a inutilizarlo por completo.
El envenenamiento por plomo es un proceso mecánico: el plomo cubre los metales preciosos que contiene el catalizador en su interior, impidiendo su correcto funcionamiento.
b) **Obstrucción por materias extrañas.** La pérdida de potencia puede indicar una obstrucción en el sistema de escape, bien en los silenciadores o en el catalizador. Este tipo de fallo se produce habitualmente por un exceso de partículas emitidas por el motor debido a un mal funcionamiento, por ejemplo, excesivo consumo de aceite. Es muy importante determinar cuál ha sido la causa de la obstrucción y subsanarla antes de proceder a la sustitución del catalizador. De lo contrario, el nuevo catalizador sufriría el mismo fallo prematuro que el anterior.
c) **Rotura por impactos.** Una inspección visual del catalizador puede sacar a la luz fallos mecánicos en el mismo. Cualquier impacto en la carcasa, dentro de la zona que ocupa el monolito, en badenes, rampas de garaje, etc.
d) **Fusión del monolito.** La fusión del monolito tiene su origen en un funcionamiento inadecuado del motor que permite el paso de combustible sin quemar al catalizador, produciendo la total o parcial fusión del monolito cerámico. En este tipo de fallo es muy importante corregir el problema original del motor que ha provocado la fusión, ya que de lo contrario también se fundirá el nuevo catalizador.
e) **Fallos de encendido.** Una de las causas más frecuentes de avería en el catalizador, y una de las más graves, reside en los fallos de puesta a punto del motor y del encendido, provocados por una falta de mantenimiento. Los fallos en el encendido o una inadecuada regulación de la mezcla de admisión pueden provocar que llegue combustible sin quemar al catalizador. Al encontrarse a una gran temperatura, puede llegar a producirse una combustión no deseada de la gasolina, provocando que el monolito se funda.

Normas básicas de mantenimiento

El usuario de un vehículo equipado con catalizador debe respetar una serie de normas para su correcta conservación:

- No utilizar nunca gasolina con plomo, ya que pequeñas cantidades de plomo son suficientes para inutilizar el catalizador.
- Comprobar el consumo de aceite de motor, que no debe ser superior a un litro cada 1 000 km.
- No arrancar el vehículo empujándolo pues, al estar el motor sin funcionar, los inyectores meten gran cantidad de gasolina que no llega a quemarse en su totalidad, haciéndolo en el catalizador. Si además este se encuentra caliente, habrá mas posibilidades de sobrepasar el punto máximo de temperatura, con lo que sufriría la fusión.
- No utilizar aditivos para la gasolina que contengan plomo.
- Verificar a intervalos periódicos la puesta a punto del motor y el encendido.

– No vaciar completamente el depósito de combustible, ya que se produciría un suministro irregular de gasolina, pudiendo provocar la fusión del monolito cerámico.



5.76. Diagnóstico del catalizador por medio de sonda lambda anterior y posterior.

Indicadores de avería

Cuando se produce una avería en el catalizador, hay algunos indicadores que pueden avisar del deterioro del mismo.

El primero de ellos es la pérdida acusada de potencia a altas revoluciones y una pobre aceleración, debido a las posibles obstrucciones o fusiones en el catalizador. Otro indicador son los ruidos extraños en el tubo de escape y el funcionamiento anómalo del motor, que nos avisa de la posible rotura del monolito cerámico debido a algún golpe.

Evidentemente, hay que determinar cuáles fueron las causas del deterioro del catalizador antes de su sustitución, ya que si no son corregidas puede volver a producirse el mismo problema. La forma de comprobación de un catalizador es mediante el analizador de gases, que permite medir convenientemente las concentraciones de elementos polucionantes emitidas por el escape, que deben ser contrastadas con las recomendadas por el fabricante del vehículo (figura 5.76).

>> Casos prácticos

Reparación de un catalizador

·· ¿Puede vaciarse un catalizador dañado y sustituir solamente los monolitos?

Solución ·· No. Un catalizador se fabrica por las marcas con un troquelado en la carcasa. Normalmente llevan una placa identificativa con la marca, número de serie, número de homologación y lote de fabricación. Si se abre un catalizador, es imposible montar un monolito extraño en su interior y que funcione correctamente. Además, es ilegal, pues se está manipulando un producto fabricado por una marca. Un catalizador se debe sustituir siempre por otro catalizador exclusivamente para ese vehículo.

>> Actividades propuestas

5·· Refleja la verificación del catalizador sobre un esquema.

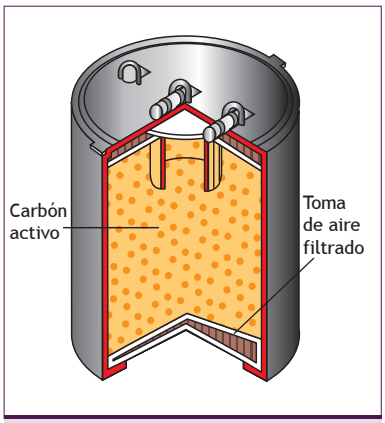
6·· ¿Qué dos elementos principales de un catalizador convencional se han suprimido respecto a la fabricación de un catalizador de flujo radial?

5 >> Sistema de ventilación del depósito de combustible

La gasolina es muy volátil y a temperatura ambiente desprende una cierta cantidad de vapor, mayor cuanto más alta sea la temperatura. Estos vapores de gasolina son nocivos y no deben ser vertidos al exterior.

La finalidad del sistema antievaporación del combustible es impedir que se propaguen en la atmósfera los hidrocarburos provenientes del depósito y del sistema de alimentación.

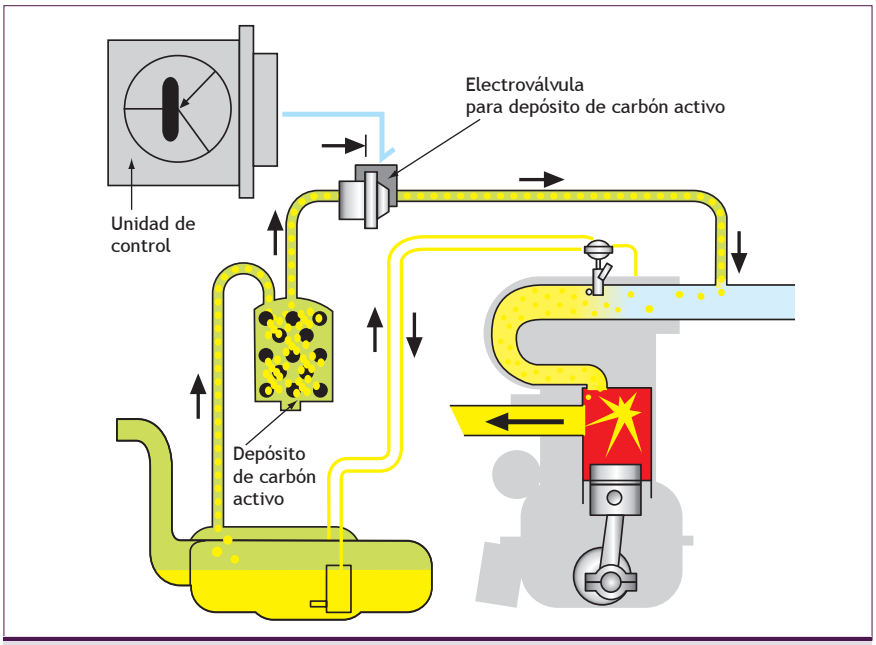
El método más sencillo para impedir que se difundan en la atmósfera los vapores de gasolina es quemarlos en el motor. Así pues, durante la marcha del vehículo no hay ningún problema. Estos surgen cuando el vehículo está parado con el motor apagado. En ese momento las variaciones de temperatura en el depósito hacen que el combustible se dilate y aumente la evaporación y la presión del mismo. En este caso, los vapores deben retenerse. Para ello se utilizan los **filtros de carbón activo con partículas de grafito o cánister** (figura 5.77).



5.77. Cánister.

El cánister o filtro de carbón activo es el encargado de absorber los vapores de gasolina, a través de unas canalizaciones. Tiene forma de recipiente y en su interior contiene carbón activo, producto que absorbe los vapores para que posteriormente en ciertas condiciones de uso se viertan al sistema de alimentación.

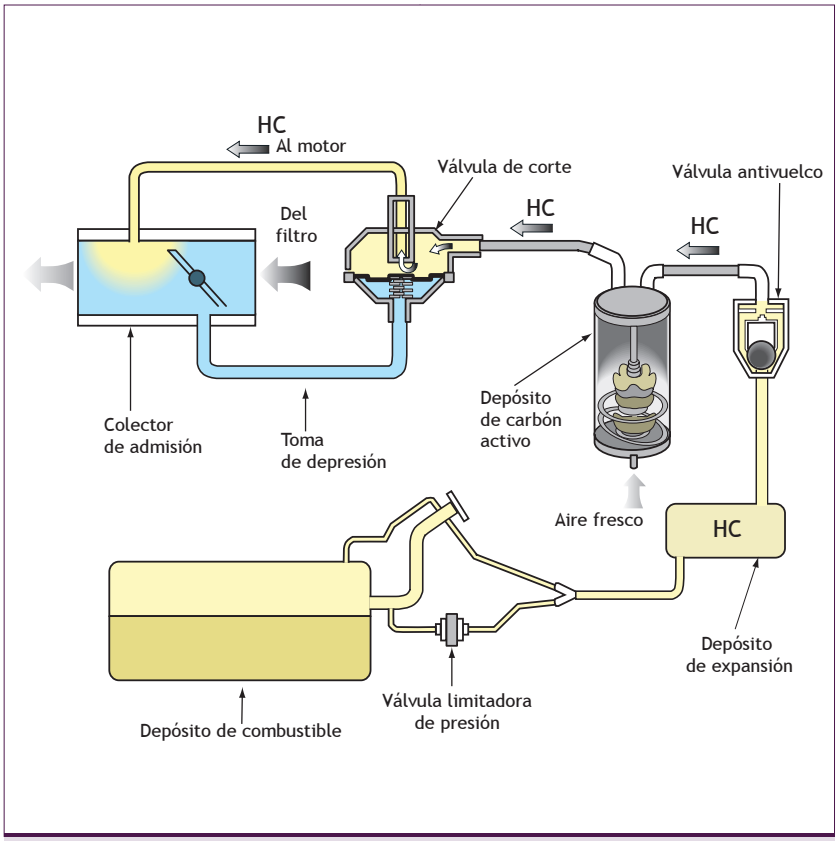
La extracción de la gasolina contenida en el interior del cánister se efectuará por medio de un tubo conectado de la admisión al mismo cánister en donde va intercalada una electroválvula. Esta electroválvula variará el tiempo de apertura dependiendo del tiempo que la unidad de control la conecte a masa (figura 5.78).



5.78. Sistema de ventilación del depósito de combustible.

Mantenimiento del cánister

El filtro de carbón activo es un componente para el cual no se tiene previsto mantenimiento ninguno durante la vida útil del motor, por lo que no se refleja su sustitución en los planes de mantenimiento programados.



5.79. Válvula de sobrepresión y antivuelco en sistema de ventilación del depósito.

El sistema puede disponer de dos válvulas de seguridad, una de **sobrepresión,** situada en el tubo de llenado del depósito que se abrirá cuando la presión en el depósito supere los valores de apertura del cánister, y otra **antivuelco,** que evita el paso de combustible líquido al cánister en caso de vuelco del vehículo (figura 5.79).

La centralita electrónica de mando inyección-encendido controla el funcionamiento de la manera siguiente:

- La electroválvula permanece cerrada durante la fase de arranque impidiendo que los vapores de gasolina enriquezcan excesivamente la mezcla. Esta condición permanece hasta alcanzar una temperatura preestablecida del líquido refrigerante.
- Con el motor caliente, la centralita envía una señal de onda cuadrada a la electroválvula, que modula su apertura según la relación lleno/vacío de señal.

De esta manera la centralita controla la cantidad de los vapores de combustible enviados a la admisión, de forma que el porcentaje de la mezcla no varíe bruscamente.

Existe una variante del sistema en donde los vapores que se forman en el depósito de combustible pueden ser canalizados por un conducto hasta una caja de expansión, situada a mayor altura, donde cierta cantidad de este se condensa, volviendo otra vez al depósito.

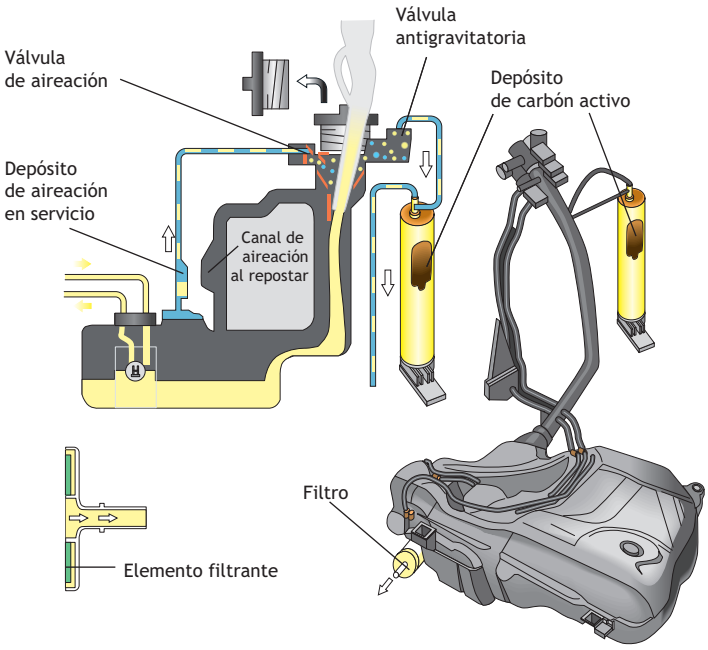
Diagnosis del cánister

Para realizar un perfecto diagnóstico de funcionamiento del cánister se deben comprobar los siguientes componentes del sistema:

- En el circuito neumático se verifica que las tuberías no presenten grietas ni obstrucciones.
- Se comprueban las válvulas de sobrepresión y aireación situadas en el cánister. Se desconecta la tubería flexible de desaireación que comunica el cánister con el depósito de combustible y la electroválvula a través de una bomba de presión. Se debe observar la salida de aire por la válvula de sobrepresión asegurando su apertura. En la misma tubería y, en este caso, creando un vacío se comprueba la apertura de la válvula de aireación.
- Se comprueba la electroválvula de accionamiento, desconectando el cableado y midiendo la resistencia del solenoide. Si el valor fuese mayor o menor que el indicado por el fabricante se procede a su sustitución.

- Se verifica la tensión de alimentación de la electroválvula. Se conectan las puntas del polímetro entre los cables de alimentación con el motor en marcha. La tensión debe ser la de batería. En caso de no existir tensión se debe comprobar el cableado.
- Se comprueba que el relé alimenta con positivo y la unidad de control con negativo a la electroválvula. Conectando el osciloscopio entre el terminal negativo de la electroválvula y masa, la señal que se obtiene será de frecuencia fija y anchura de impulsos variable.

A continuación se describe brevemente un tipo de depósito y la forma de evitar la contaminación (figura 5.80).



5.80. Ventilación del depósito de combustible.

Los dispositivos modernos suelen ser de plástico y adosados a él se encuentran el filtro de combustible y el depósito de carbón activo. La aireación del depósito se realiza por dos conducciones, una de ellas es utilizada durante el repostaje y la otra con el vehículo en servicio. Al retirar el tapón para repostar, la válvula de aireación cierra el paso de los vapores que están acumulados en el depósito de aireación en servicio. La trampilla abre su paso por la acción de la boca de la manguera, permitiendo el llenado y la salida del aire del depósito por el canal de aireación para el repostaje. Una vez finalizado el llenado y al extraer la manguera, la trampilla queda cerrada, evitando la salida de vapores. Al colocar de nuevo el tapón del depósito la válvula de aireación abre el paso circulando los vapores de combustible desde el depósito de aireación en servicio hacia el depósito de carbón activo, del cual serán succionados por el motor.

>> Casos prácticos

Comprobación de la electroválvula de cánister

•• Realiza una comprobación básica de la electroválvula de purga del cánister.

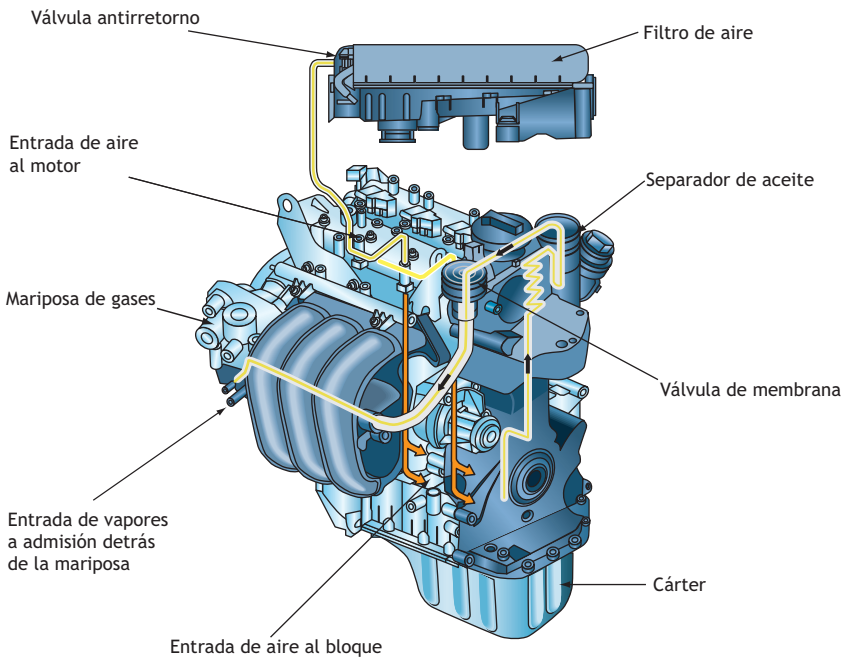
Solución •• Los pasos que debes seguir para realizar esta comprobación correctamente son los siguientes:

- Desconecta el enchufe de la electroválvula del cánister y comprueba la continuidad del circuito con el multímetro.
- Comprueba que con alimentación de 12 V permite el paso de gases a través de ella.
- Comprueba la resistencia en los bornes. Debe ser de 20 Ω aproximadamente.

6 >> Ventilación del bloque

El bloque del motor puede contaminar por medio de vapores de aceite y gases quemados. Siempre van a existir fugas de gases en las fases de compresión y combustión a través de los segmentos y las paredes del cilindro.

Para eliminar los vapores que se van acumulando en el cárter, los nuevos motores contienen un circuito de ventilación forzada de los vapores que se originan en el interior del bloque motor, con la finalidad de reducir la aparición de agua en el aceite y el peligro de su congelación (figura 5.81), además de crear en él una presión que dificultaría el movimiento descendente de los pistones.



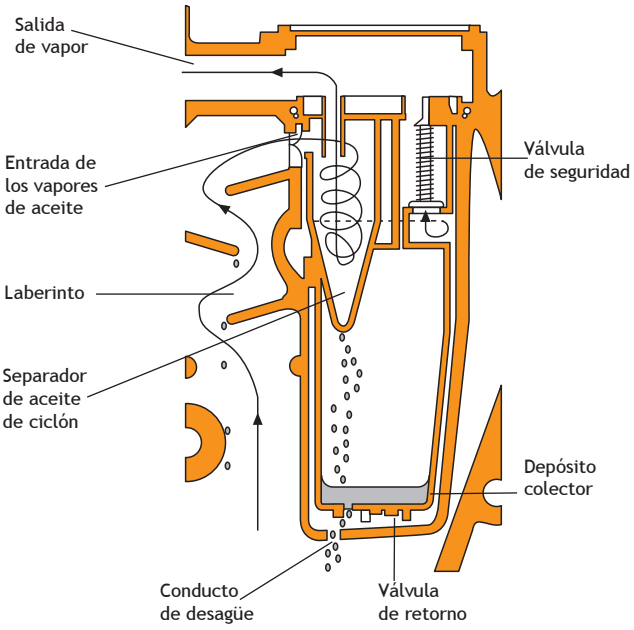
5.81. Sistema de ventilación del bloque.

En los motores de aluminio y debido a su mayor conductividad térmica, puede provocarse la condensación del vapor de agua contenido en los gases residuales de la combustión al entrar en contacto con las paredes internas del motor. Para evitar dicha situación se fuerza un flujo constante de aire hacia el cárter, eliminando los vapores en el interior del motor antes de su posible condensación en las paredes frías del bloque.

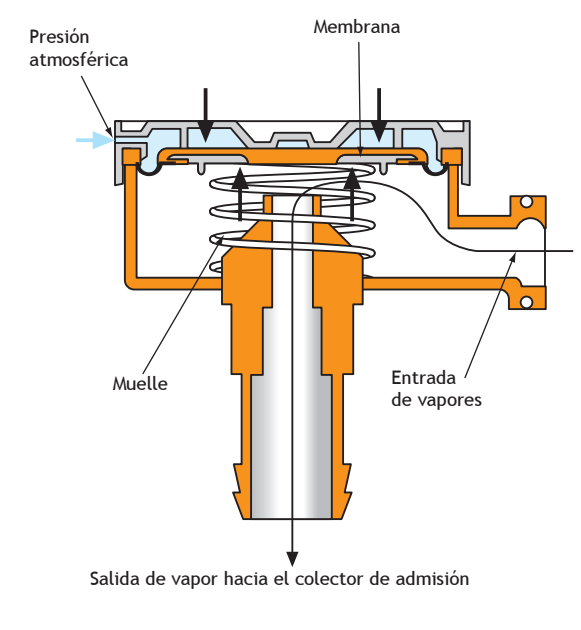
La entrada de aire procedente del filtro se realiza por la parte superior de la culata. En el conducto de entrada de aire hacia la culata existe una válvula antirretorno que evita que el aceite contenido en la parte alta de la culata sea aspirado por el motor. Ahora los vapores son introducidos por el efecto de la depresión en el colector de admisión después de la mariposa de gases. De esta forma se evita un posible ensuciamiento de la mariposa. En el circuito de vapores se encuentran un separador de aceite y una válvula de membrana:

- El **separador de aceite** (figura 5.82) está alojado en la parte interna superior de la tapa de la distribución, y su finalidad principal es evitar que pueda llegar aceite a la admisión. Para ello, los vapores pasan primero por un laberinto y a continuación por un separador de aceite de ciclón en el cual el vapor sale por la parte superior y el aceite en estado líquido se precipita hacia el depósito colector. En la parte inferior del depósito colector hay una válvula de retorno que permite que el aceite pase hacia el cárter, pero evita que suban vapores.

– La **válvula de membrana** (figura 5.83) está situada después del separador de aceite, y su misión es mantener un nivel de presión constante y buena ventilación del bloque. Para ello aumenta o disminuye el paso de vapores hacia la admisión en función de la depresión existente en el colector. Por la propia depresión del colector los vapores son aspirados hacia la admisión.



5.82. Separador de aceite.



5.83. Válvula de membrana.

>> Casos prácticos

Identificación del sistema de depósito de carbón activo

•• Busca en un manual de taller y resume detalladamente los componentes de un sistema de depósito de carbón activo de un vehículo.

Solución •• Los componentes principales que debes encontrar en el sistema son:

- Anillo de sujeción.
- Soporte situado en la parte delantera derecha de la carrocería.
- Electroválvula para depósito de carbón activo.
  - Válvula cerrada con encendido desconectado.
  - Válvula excitada por la unidad de control con motor a temperatura de servicio.
- Conector.
- Tubería de desaireación.
- Unidad de mando de la válvula de mariposa.
- Depósito de carbón activo situado en el pasarruedas delantero, formado por dos racores (empalme motor y depósito).

7 >> Filtro de partículas

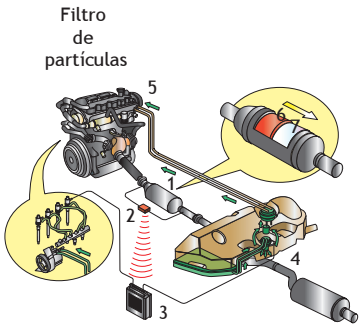
Los motores diésel llevan en su sistema de escape un subsistema específico denominado FAP (filtro antipartículas) acoplado después del catalizador. Tiene como objetivo atrapar las partículas de hollín existentes en los gases de escape permitiendo el paso de los componentes gaseosos al exterior (figura 5.84).

Los FAP se diferencian de los catalizadores tradicionales en la posibilidad de regeneración, es decir, durante el funcionamiento del motor se va llenando el filtro de partículas y para evitar la saturación del mismo se dispone del **proceso de regeneración del filtro.** Esto consiste en realizar inyecciones de combustible posteriores a la inyección principal con el fin de facilitar la eliminación del hollín mediante su combustión en el filtro de partículas y así permitir nuevamente el flujo de gases de escape sin mermas y retener nuevas partículas de hollín. Pero con el paso del tiempo llegan a saturarse, reduciéndose su capacidad filtrante y la facilidad de salida de los gases al exterior.

Para que la regeneración se lleve a cabo, se necesitan altas temperaturas. Por este motivo se ha acercado el filtro al motor, situándolo justo a la salida de los gases de escape, en el turbocompresor.

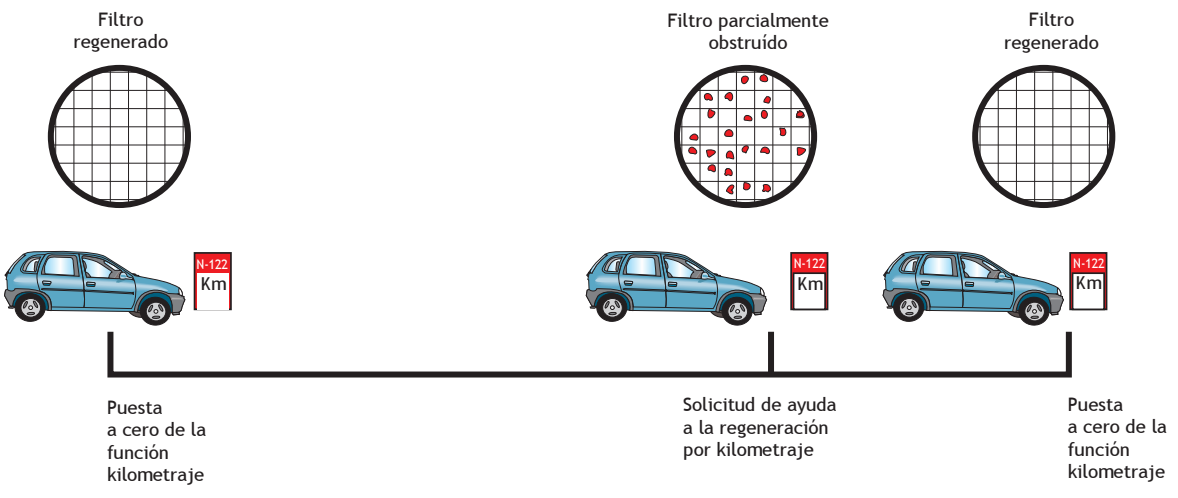
A su vez, la regeneración puede ser de dos tipos:

- **Natural.** Se produce cuando se supera de forma espontánea los 550 °C. Esta temperatura se alcanza cuando se producen fuertes cargas en el motor.
- **Forzada.** La unidad de control interviene en caso de que reciba señal de obstrucción del filtro de partículas y no se haya alcanzado una temperatura que ayude a la regeneración. Los parámetros principales que se tienen en cuenta para llevar a cabo esta regeneración son los de presión diferencial por obstrucción del filtro de partículas y el de kilómetros realizados desde la última regeneración (figura 5.85).



1. Ensamblaje del filtro de partículas y pre catalizador
2. Sensores de temperatura y presión
3. Unidad UCE de motor
4. Inyección de aditivo al combustible en el tanque principal si es necesario
5. Información específica enviada a la cabeza del inyector cuando se necesita post-combustión
6. Precatalizador
7. Componentes del sistema FAP

5.84. Componentes del sistema FAP.



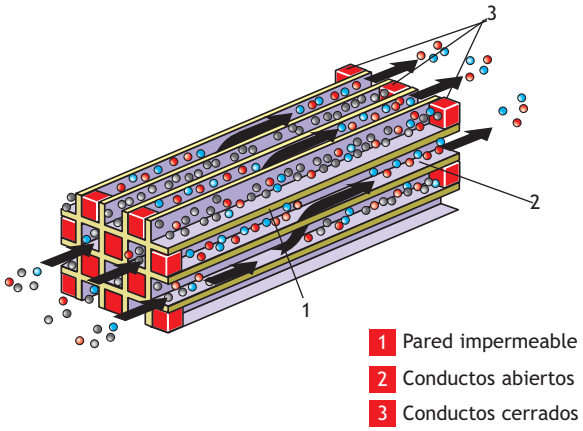
5.85. Regeneración forzada del filtro de partículas.

7.1 > Componentes del sistema FAP

El sistema FAP se compone de los siguientes elementos:

- **Cámara.** Consta de un precatalizador y un soporte filtrante. El primero está recubierto de una capa de óxido de aluminio y óxido de cerio que se encarga de la oxidación de los gases de escape. El sustrato se recubre a su vez con una capa de platino, que constituye el catalizador de las reacciones de oxidación.

El soporte filtrante (filtro de partículas) es de estructura porosa y hecho a base de carburo de silicio (SiC) estructurado en tubos paralelos, pero abiertos solo por un extremo de manera alternativa, de forma que obliga a los gases a pasar por las paredes, donde queda retenido el hollín (figura 5.86).

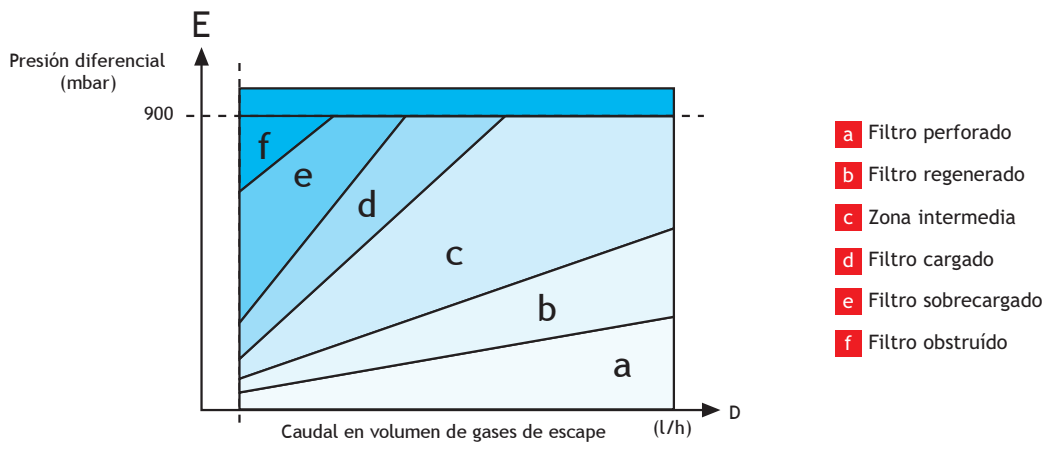


5.86. Soporte filtrante del FAP.

Esta estructura de fabricación permite, por un lado, el filtrado de las partículas de hollín y, por otro, la reducción de los hidrocarburos no quemados presentes en los gases de escape.

Suelen tener una caducidad de unos 80 000 km aproximadamente, tras los cuales debe ser sustituido.

- **Sensor de presión diferencial.** Comprueba el estado de saturación del filtro de partículas del sistema indicando la diferencia de presión a la entrada y salida de la cámara (catalizador + filtro antipartículas). La diferencia de presiones obtenida es convertida en una señal eléctrica que aumenta a media que crece el grado de obstrucción del filtro. Cuanto mayor sea la variación de presión, mayor será la saturación del filtro.



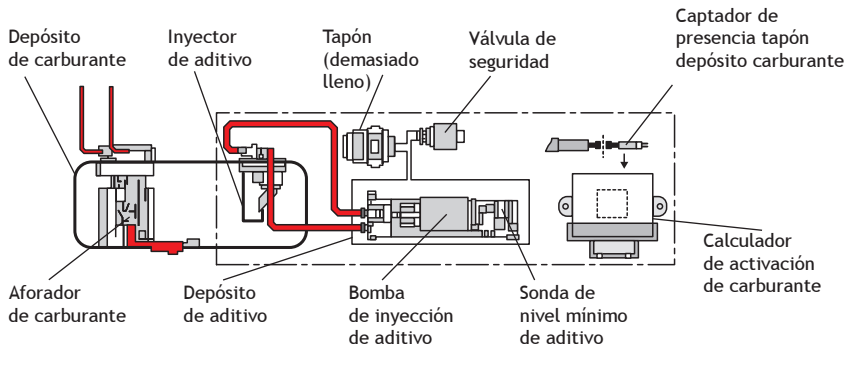
5.87. Niveles de carga del FAP obtenidos por el sensor de presión diferencial.

Como se aprecia en la figura 5.87, la unidad de mando de inyección, a partir del cálculo de gases de escape, gestiona 6 niveles de funcionamiento para el acondicionamiento del nivel de carga de partículas.
La gráfica muestra los diferentes grados de obstrucción a los que puede verse sometido el FAP.

La unidad de mando velará por mantener el nivel de carga de filtro entre las zonas b y c.

- Zona a: existe una presión diferencial muy reducida que puede ser debida a un error del captador de presión diferencial, fugas en la línea de escape o que el filtro se encuentre perforado.
- Zona b: es el nivel de carga natural del filtro.
- Zona c: el nivel de obstrucción del filtro es relativamente pequeño.
- Zona d: la unidad estima que el FAP necesita la ayuda a la regeneración.
- Zona e: el filtro está sobrecagado y se efectúa la ayuda a la regeneración.
- Zona f: el calculador bloquea la ayuda a la regeneración señalando un fallo mediante la puesta en funcionamiento del testigo de diagnosis. Este fallo puede ser motivado por un error del captador de presión diferencial, que el filtro se encuentre obstruido por la cerina o por una regeneración ineficaz.

– **Dispositivo de aditivación del carburante.** Existe un programa integrado dentro del calculador que se encarga de gestionar la inyección de aditivo al combustible. Una parte importante de la gestión consiste en acumular en su memoria la cantidad total de aditivo inyectado desde el principio de la vida útil del filtro. Para la gestión de esta y otras funciones, la unidad de mando de aditivación interviene sobre los siguientes elementos: bomba inyección de aditivo, inyector de aditivo, sonda de nivel mínimo de aditivo, captador del tapón del depósito de carburante y transmisor de temperatura de los gases de escape (a la entrada del catalizador) (figura 5.88).



5.88. Componentes del dispositivo de aditivación del carburante.

El aditivo está compuesto por óxido de cerio, también llamado **cerina** (comercialmente Eolys de Rhodia) que se encuentra almacenado en un depósito con capacidad aproximada para 5 litros junto al depósito de combustible. Cuando se alcanza el nivel de reserva del depósito de cerina, aproximadamente 0,3 litros, se enciende una luz testigo en la pantalla de visualización.

– **Unidad de control del motor.** Recibe información de presión a la entrada y salida del filtro, registrada por el sensor de presión, y determina el grado de saturación y cuándo es necesaria una regeneración.

– **Sensor de temperatura de gases.** Se sitúan a la entrada y salida del catalizador para corroborar el buen funcionamiento del sistema. En condiciones normales la temperatura de los gases de escape a la entrada del catalizador es superior a la temperatura de este a la salida del mismo.

7.2 > Regeneración del filtro de partículas

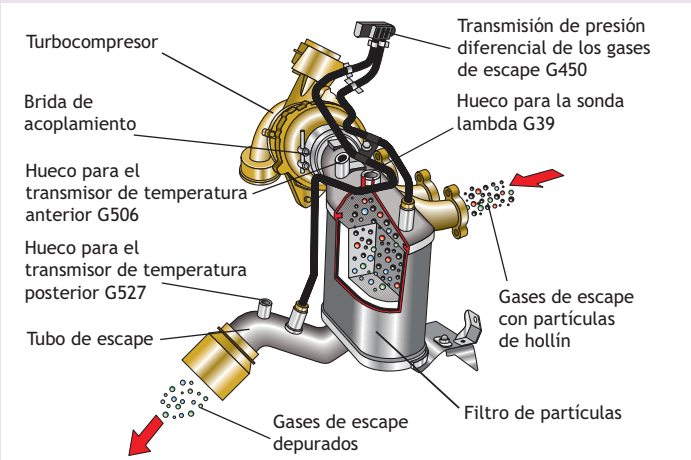
La regeneración se realiza de forma periódica y automática durante el funcionamiento normal del vehículo sin que el conductor lo advierta. Aproximadamente, se realiza cada 400 ó 1 000 kilómetros, y dura unos 3 minutos.

El sistema necesita saber en todo momento el grado de obstrucción del filtro para, en caso necesario, proceder a solicitar la activación de ayuda a la regeneración. La función de control de nivel de carga de filtro se lleva a cabo a partir de una serie de informaciones entre las que cabe destacar los kilómetros recorridos, la temperatura de los gases de escape tanto a la entrada como a la salida del catalizador, la presión diferencial entre la entrada y salida del filtro de partículas y el caudal de aire de admisión.

Técnica

La limpieza del FAP o eliminación del hollín (figura 5.89)

•• En un sistema que requiere aditivación y mantenimiento, se puede conseguir de la siguiente forma. Puesto que la combustión normal de las partículas de hollín tiene lugar a 550 ºC y los gases de escape llegan al filtro de partículas a 150 ºC, se plantea una diferencia de temperaturas que se debe salvar en varias etapas para conseguir la regeneración.



5.89. Esquema de limpieza de un FAP.

- Hay que tener en cuenta que reduce la temperatura de combustión de las partículas de hollín a 450 ºC mediante la aditivación del combustible con cerina al combustible con el objetivo de rebajar la temperatura de combustión (antes 550 ºC) y proteger al catalizador y alargar su vida útil.
- Aumento de la temperatura de los gases de escape a la salida del catalizador mediante la generación de una señal por parte de la unidad de mando de gestión de motor que proporciona una inyección extra o postinyección de combustible en el tiempo de expansión que provoca una postcombustión en el cilindro y un aumento de temperatura de 200 a 250 ºC (que sumados a los 150 de los gases de escape, resulta un total de 350 a 400 ºC).Este aumento de temperatura a la salida del catalizador se produce porque la postcombustión producida en el tiempo de expansión (20 a 120º después del PMS de compresión) genera hidrocarburos (HC) sin quemar que producen un gran rendimiento térmico.
- Aumento de temperatura en unos 100 ºC por la postcombustión complementaria, generada por un catalizador de oxidación situado por delante del filtro de partículas, que provoca la combustión de hidrocarburos no quemados durante la postinyección. Se alcanzan así los 450 ó 500 ºC necesarios para regenerar el filtro de partículas.
- Algunos sistemas cuentan con un recurso dentro del sistema de regeneración para garantizar suficiente temperatura durante el proceso. El recurso activa ciertos consumidores eléctricos del vehículo tales como luneta térmica, electroventiladores o bujías de precalentamiento, con el objetivo de incrementar el par resistente del alternador y forzar un aumento de carga del motor y la subida de temperatura de los gases de escape.

8 >> Diagnóstico de a bordo europeo (EOBD)

El EOBD es un sistema de diagnóstico incorporado en la unidad de control del motor, que vigila aquellos sistemas y componentes cuyo mal funcionamiento pueda provocar un aumento de las emisiones contaminantes del vehículo.

Las siglas EOBD provienen de las iniciales en inglés ***European On Board Diagnostic.***

Los componentes principales que se vigilan y diagnostican son los implicados directamente en el funcionamiento del motor.

La unidad de control del motor registra los fallos detectados en los sistemas o componentes implicados y los memoriza. Al mismo tiempo la unidad activa el testigo de exceso de contaminación, en el cuadro de instrumentos, para informar al conductor.

Este sistema debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Contar con un conector de diagnosis normalizado y de fácil acceso. Este conector será igual en todos los vehículos.
- Los códigos de avería serán estandarizados con un mismo protocolo para todos los fabricantes de vehículos.
- Las denominaciones y abreviaturas de los componentes y sistemas estarán estandarizados.
- Visualizar las condiciones operativas en las que surgió el fallo.
- Definir el momento y la forma en que se debe visualizar un fallo relacionado con los gases de escape.

El EOBD es obligatorio en vehículos de gasolina de nueva matriculación desde enero del año 2001 y para los turismos diésel de nueva matriculación desde enero de 2004.

En la siguiente tabla se pueden observar las funciones de vigilancia que ejerce el sistema EOBD, tanto en motores de gasolina como diésel.

El EOBD permite el uso de combustible biodiésel

Las limitaciones en cuanto al uso de biodiésel no quedan determinadas por la incorporación o no del EOBD. Si el motor funciona correctamente desde el punto de vista mecánico y cumple las normas anticontaminación usando biodiésel, entonces el sistema EOBD proporcionará una información fiable.

Funciones de vigilancia en el motor de gasolina	Funciones de vigilancia en el motor diésel
- Funcionamiento del catalizador - Diagnóstico de envejecimiento de sondas lambda - Prueba de tensión de sondas lambda - Sistema de aire secundario - Sistema de retención de vapores de combustible - Prueba de diagnóstico de fugas - Sistema de alimentación de combustible - Fallos de la combustión - Fallos de encendido - Comprueba el buen funcionamiento del CAN-Bus - Verifica la unidad de control de gestión del motor - Controla los límites de presión de la sobrealimentación - Controla todos los sensores y actuadores que intervienen en las emisiones de escape y están conectados a la unidad de control	- Regulación de la válvula de recirculación de gases de escape - Precalentamiento por incandescencia - Fallos de la combustión - Regulación del comienzo de la inyección - Regulación de la presión de sobrealimentación - Filtro de partículas - Cambio automático - CAN-Bus de datos de diagnóstico - Unidad de control para sistema de inyección directa diésel - Controla todos los sensores y actuadores que intervienen en las emisiones de escape y están conectados a la unidad de control

8.1 > Componentes EOBD

El sistema EOBD debe contar con los siguientes elementos visibles:

Luz testigo

El testigo EOBD, o testigo de exceso de contaminación, es de color amarillo y se denomina MIL (siglas en inglés de Luz Indicadora de Mal Funcionamiento). Está simbolizado por un trazado que simula el contorno de un motor. Está situado en el cuadro de instrumentos para advertir de forma instantánea al conductor del problema surgido en el vehículo. El testigo es igual tanto para vehículos con motor de gasolina como diésel e idéntico para todas las marcas.

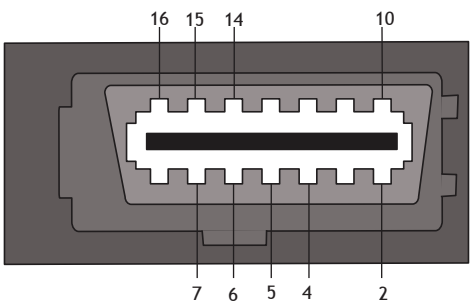
En condiciones normales se encuentra apagado y solo se encenderá cuando el vehículo contamine más de lo permitido. La lámpara testigo puede adoptar tres estados diferentes:

- Apagada: indica que no existen fallos por exceso de emisiones.
- Parpadeando una vez por segundo: significa que existen fallos de combustión que pueden dañar el catalizador (figura 5.90).
- Encendida permanentemente: indica que se han superado los valores límites de gases contaminantes. En esta situación el conductor tiene la obligación de acudir al taller de reparación (figura 5.91).

Conector universal

Es un componente físico a través del cual serán accesibles los códigos de error y una serie de parámetros específicos de la diagnosis y de los estados de funcionamiento del motor. Está normalizado y se encuentra en una zona de fácil accesibilidad desde el asiento del conductor. Todos son iguales con independencia del tipo de vehículo.

El sistema EOBD utiliza el conector de diagnóstico tipo ISO DIS 15031-3. La descripción es como se muestra en la siguiente imagen (figura 5.92):



2 Comunicación SA VPW/PWM, SAE J1850
4 Masa vehículo
5 Masa señal
6 CAN High (línea alta), SAE 12284
7 Comunicación ISO 9141-2 (línea K)
10 Comunicación PWM, SAE J1850
14 CAN Low (línea baja), SAE J2284
15 Comunicación ISO 9141-2 (línea L)
16 Positivo batería

5.92. Conector de diagnóstico.

El resto de pines (1, 3, 8, 9, 11, 12 y 13) son dejados a criterio del fabricante del vehículo.

Frecuencia de luz intermitente, 1/s

5.90. Testigo con fallos de combustión.

Luz continua

5.91. Testigo con superación de valores contaminantes.

¿Es posible desactivar la función EOBD?

No, la función EOBD se implementa en las unidades de control mediante una programación interna. La propia normativa establece que las unidades deben estar protegidas contra posibles manipulaciones. Por ello no es posible desactivar el EOBD.

Además, para el usuario es una ventaja disponer de EOBD pues detectará, gracias al testigo del cuadro de instrumentos, la mayoría de los fallos que puedan surgir en el funcionamiento del motor.

Práctica 9

Códigos de avería

Se han estandarizado unos códigos de avería relacionados exclusivamente con el EOBD. Dichos códigos siguen la normativa SAE y deben ser utilizados de forma unitaria por parte de todos los fabricantes. El código de avería consta siempre de un valor alfanumérico de cinco dígitos y son del tipo P0XXX.

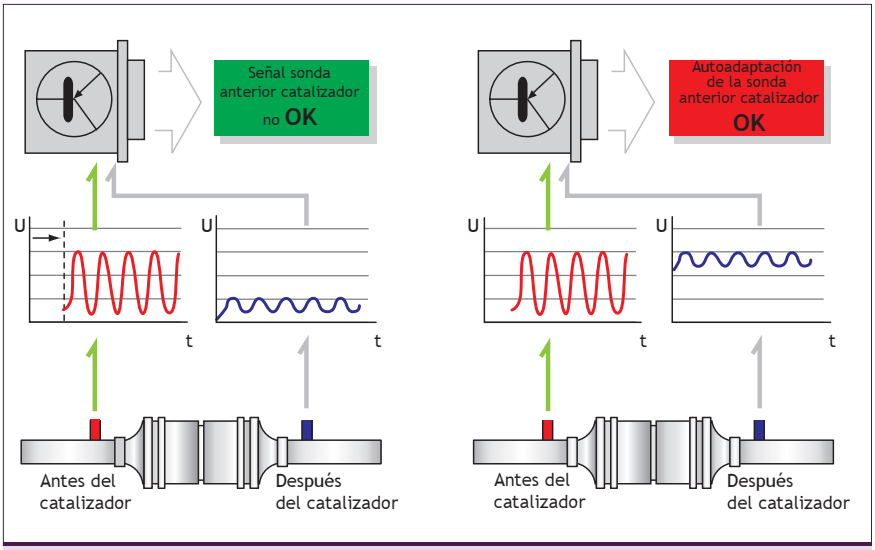
- El primer dígito se indica siempre con una letra e identifica el tipo de sistema.
- El segundo dígito identifica el código de la norma.
- El tercer dígito informa sobre el grupo componente en el que se presenta la avería.
- El cuarto y quinto dígitos contienen la identificación de los componentes/sistemas.

8.2 > Funciones de vigilancia de la UCE

A continuación se muestran algunos ejemplos de diagnóstico del sistema EOBD sobre diferentes sistemas que controlan la emisión de gases contaminantes.

- **Diagnóstico de envejecimiento de las sondas lambda (figura 5.93).**

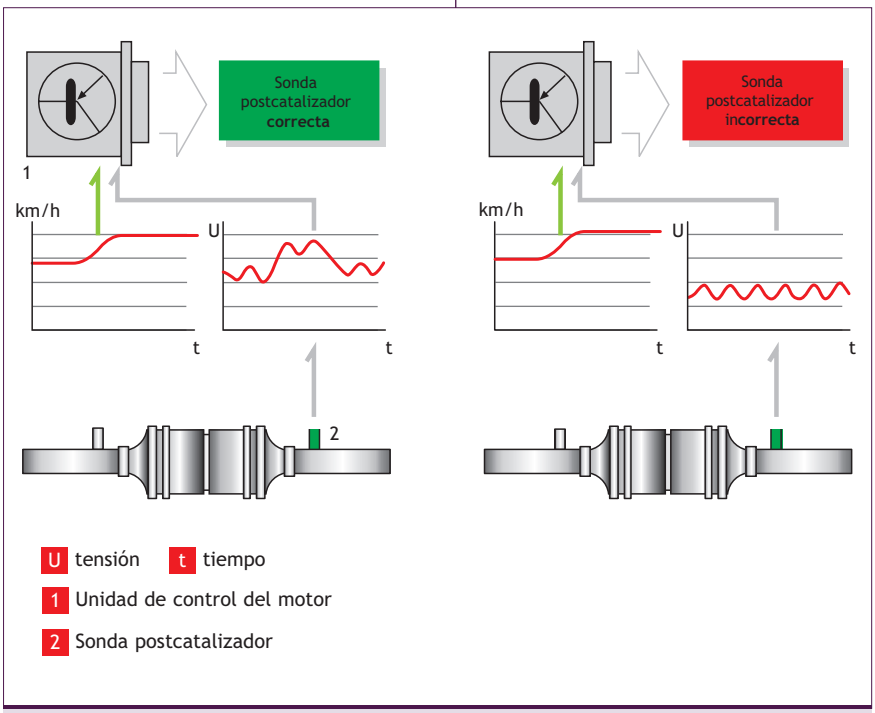
  Autoadaptación del desplazamiento de la curva de tensión de sonda ante catalizador. Debido al envejecimiento o intoxicación puede resultar afectado el comportamiento de respuesta de una sonda lambda. Su declinación se puede manifestar en forma de una prolongación del tiempo de reacción (duración de periodo) o de un desplazamiento de la curva de tensión de la sonda. Ambos criterios se traducen en una reducción de la ventana lambda y suponen una declinación en la conversión catalítica de los gases de escape. Es posible detectar, memorizar y visualizar una alteración en el tiempo de reacción, pero no es posible compensarla.



5.93. Prueba y autoadaptación del desplazamiento de la curva de tensión por medio de la sonda anterior al catalizador.

– **Diagnóstico en movimiento de la sonda posterior al catalizador (figura 5.94).**

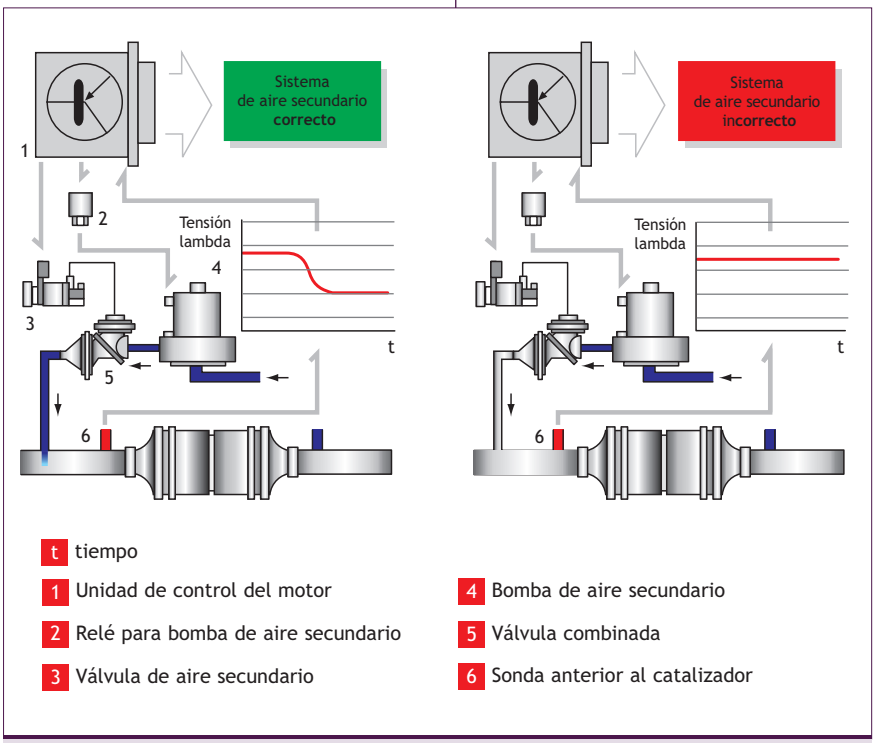
La funcionalidad de la sonda postcatalizador se vigila adicionalmente, por cuanto que la unidad de control del motor verifica las señales de la sonda en las fases de aceleración y deceleración. Durante la fase de aceleración se enriquece la mezcla de combustible y aire, reduciéndose el contenido de oxígeno en los gases de escape, por lo cual debe ascender la tensión de la sonda.
En deceleración sucede justo lo contrario; se corta la alimentación del combustible, aumentando el contenido de oxígeno en los gases de escape, debido a lo cual debe descender la tensión de la sonda. Si no se produce la reacción esperada para la sonda posterior al catalizador, la unidad de control del motor inscribe un avería de la sonda postcatalizador.



5.94. Control de la regulación lambda a través de la sonda lambda posterior al catalizador y a través del sensor de velocidad del vehículo.

– **Sistema de aire secundario (figura 5.95).**

Hasta ahora se había probado el funcionamiento del sistema de aire secundario a través del valor de regulación lambda. Esto significa que la tensión de la sonda antes del catalizador debe indicar mezcla pobre (λ > 1) durante la alimentación del aire secundario, a pesar de que el motor está siendo gestionado por la unidad de control de modo que funcione con mezcla rica.
Desde que fue introducida la sonda lambda de banda ancha se emplea la señal de la sonda antes del catalizador para los efectos de verificación, porque la sonda lambda de banda ancha suministra mediciones mucho más detalladas que, por ejemplo, las de sonda lambda de señales a saltos.



5.95. Vigilancia del sistema de aire secundario a través de la sonda lambda anterior al catalizador.

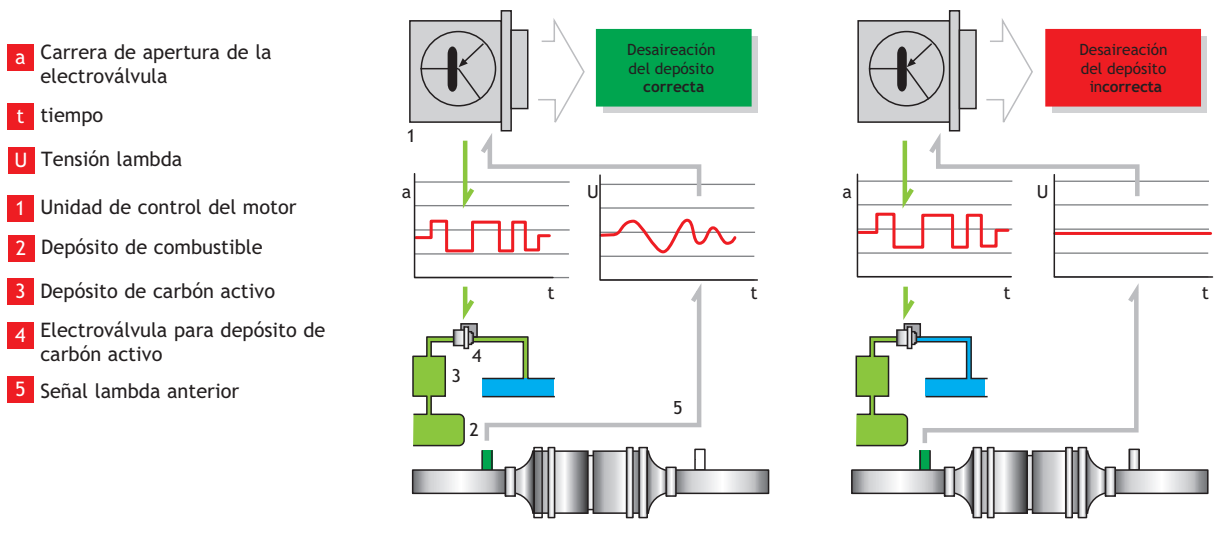
Durante esta operación, el sistema calcula y verifica la masa de aire efectivamente alimentada, analizando para ello la diferencia lambda (lambda antes de alimentación del aire secundario y durante la alimentación).

– **Vigilancia del circuito de desvaporización del depósito (figura 5.96).**

Al ser activado el sistema de desaireación del depósito se modifica la mezcla de combustible y aire. Si el depósito de carbón activo está saturado, la mezcla enriquece. Si el depósito de carbón activo está vacío, la mezcla empobrece. Esta modificación que experimenta la mezcla es registrada por la sonda ante el catalizador y viene a confirmar así el funcionamiento del sistema de desaireación del depósito.

El diagnóstico se efectúa con un intervalo propio. La unidad de control del motor abre para ello un poco y vuelve a cerrar un poco la electroválvula para el depósito de carbón activo, procediendo de un ritmo definido. La presión "modulada" de esa forma en el conducto de admisión es detectada por el transmisor de presión en el colector de admisión y transmitido a la unidad de control del motor. Allí se compara y analiza esta señal.

La vigilancia de sonda lambda y de catalizadores se ha podido observar en las figuras 5.94 y 5.95 respectivamente.



5.96. Vigilancia del circuito de desvaporización del depósito de combustible a través de la sonda lambda anterior al catalizador.

>> Actividades propuestas

7·· ¿Qué relación hay entre el EOBD y las normas anticontaminación?

8·· ¿Cómo detecta el EOBD las averías?

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué es el poder antidetonante de la gasolina?

2·· ¿Qué objetivos consigue la incorporación de aditivos a la gasolina?

3·· ¿Por qué no se puede conseguir una combustión perfecta en los motores actuales?

4·· ¿Qué tipos de mezcla existen dependiendo de la proporción entre el aire y la gasolina?

5·· Cita los gases tóxicos y no tóxicos producidos durante la combustión en motores de gasolina y diésel.

6·· ¿Qué resultados ofrecen los analizadores de gases en motores de gasolina?

7·· ¿Qué es un opacímetro?

8·· ¿Qué modificaciones se realizan sobre un motor para mejorar la combustión de la mezcla aire/gasolina?

9·· ¿En qué consiste el sistema de recirculación de los gases de escape?

10·· ¿Qué diferencia principal existe entre una EGR neumática y otra eléctrica?

11·· ¿En qué consiste el sistema de inyección de aire en el escape?

12·· ¿Qué ventajas ofrece la sonda lambda de titanio respecto a la de circonio?

13·· ¿Cuáles son las partes principales de una sonda lambda de banda ancha?

14·· ¿Cuál es el funcionamiento de una sonda lambda de banda ancha con mezcla rica?

15·· Explica los tipos de catalizadores según su material y forma de fabricación.

16·· ¿Qué reacciones se producen durante la depuración catalítica en un catalizador de tres vías?

17·· ¿Qué es un cánister? ¿Y qué es un filtro de partículas? ¿Cuáles son sus componentes?

18·· ¿Qué niveles de carga puede tener un filtro de partículas dependiendo de su grado de obstrucción?

19·· ¿Cómo se produce la limpieza de un filtro de partículas que requiere aditivación y mantenimiento?

20·· ¿Qué es el sistema EOBD? ¿Y qué indican los códigos de avería del sistema de diagnóstico de a bordo?

21·· Identifica sobre un vehículo los componentes de un sistema de ventilación de vapores de aceite.

.: APLICACIÓN :.

1·· Identifica sobre un vehículo los sistemas anticontaminación.

2·· Localiza sobre un motor los componentes del sistema de inyección de aire secundario y efectúa la comprobación del mismo.

3·· Localiza la válvula EGR de reciclado de gases de escape y efectúa una comprobación de la misma con depresión.

4·· Con la ayuda de un analizador de gases de escape comprueba el correcto funcionamiento de los diversos sistemas de anticontaminación, realizando la prueba con el motor girando a 3 000 rpm, anulando el funcionamiento de cada uno de los sistemas.

5·· Identifica los componentes del sistema de reciclado de vapores de combustible.

6·· Realiza la prueba del catalizador con la ayuda del analizador de gases de escape.

Caso final

Análisis de composición de los gases de escape

•• Obtén los resultados de componentes de gases de escape en un motor otto mediante un analizador de gases cuando se dan las siguientes condiciones sobre el motor:

a) Motor con funcionamiento correcto de inyección electrónica antes del catalizador.
b) Motor con toma de aire después de la mariposa de gases.
c) Motor con fallo de goteo de inyectores.
d) Motor con toma de aire en la línea de escape.
e) Válvula de escape pisada.
f) Fallo de encendido.

Se adjunta tabla para verificar la emisión de gases contaminantes (figura 5.97).

Solución •• Antes de comenzar las comprobaciones se deben tener en cuenta una serie de recomendaciones:

1. El nivel de aceite del vehículo con motor parado debe encontrarse entre los valores indicados en la propia varilla.
2. Introduce la sonda de temperatura del analizador en el lugar de la varilla de aceite.
3. Calienta el motor hasta conseguir una temperatura de aceite mínima de aproximadamente 60 °C.
4. Asegúrate de que en toda la línea de escape no existe ningún orificio que provoque la salida de los gases de escape.
5. Mantén el motor entre 2 500 y 3 000 rpm durante 2 minutos aproximadamente para conseguir una temperatura óptima de funcionamiento del catalizador.
6. Introduce la sonda de gases de escape del analizador en el tubo de escape del motor.

a) Motor con funcionamiento correcto de inyección electrónica antes del catalizador.

Gas analizado	Valor
λ	1
CO	Entre 0,4 y 1,4% Vol.
HC	200 ppm
O_2	3% Vol.
CO_2	14 y 16% Vol.

b) Motor con toma de aire después de la mariposa de gases

Gas analizado	Valor
λ	> 1,3
CO	< 0,5% Vol.
HC	> 500 ppm
O_2	3% Vol.
CO_2	entre 9 y 10% Vol.

c) Motor con fallo de goteo de inyectores.

Gas analizado	Valor
λ	> 0,8
CO	entre 7 y 8%
HC	entre 350 y 450
O_2	> 3% Vol.
CO_2	entre 9 y 10% Vol.

d) Motor con toma de aire en la línea de escape.

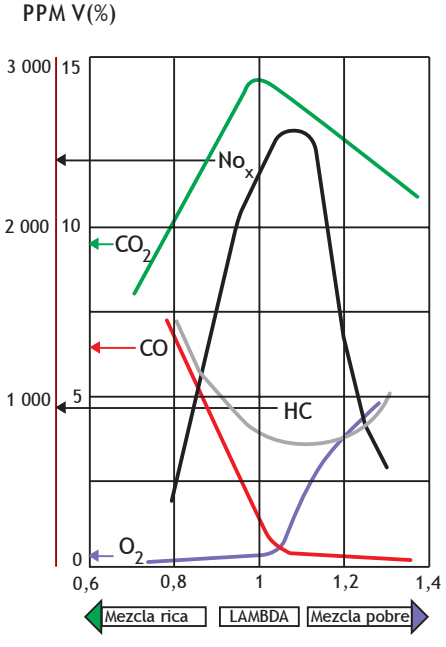
Gas analizado	Valor
λ	> 1,3
CO	entre 0,5 y 1,5% Vol.
HC	250 ppm máximo
O_2	> 4% Vol.
CO_2	< 11% Vol.

e) Válvula de escape pisada.

Gas analizado	Valor
λ	1,10
CO	2%
HC	2 000 ppm
O_2	5,5%
CO_2	9,5%

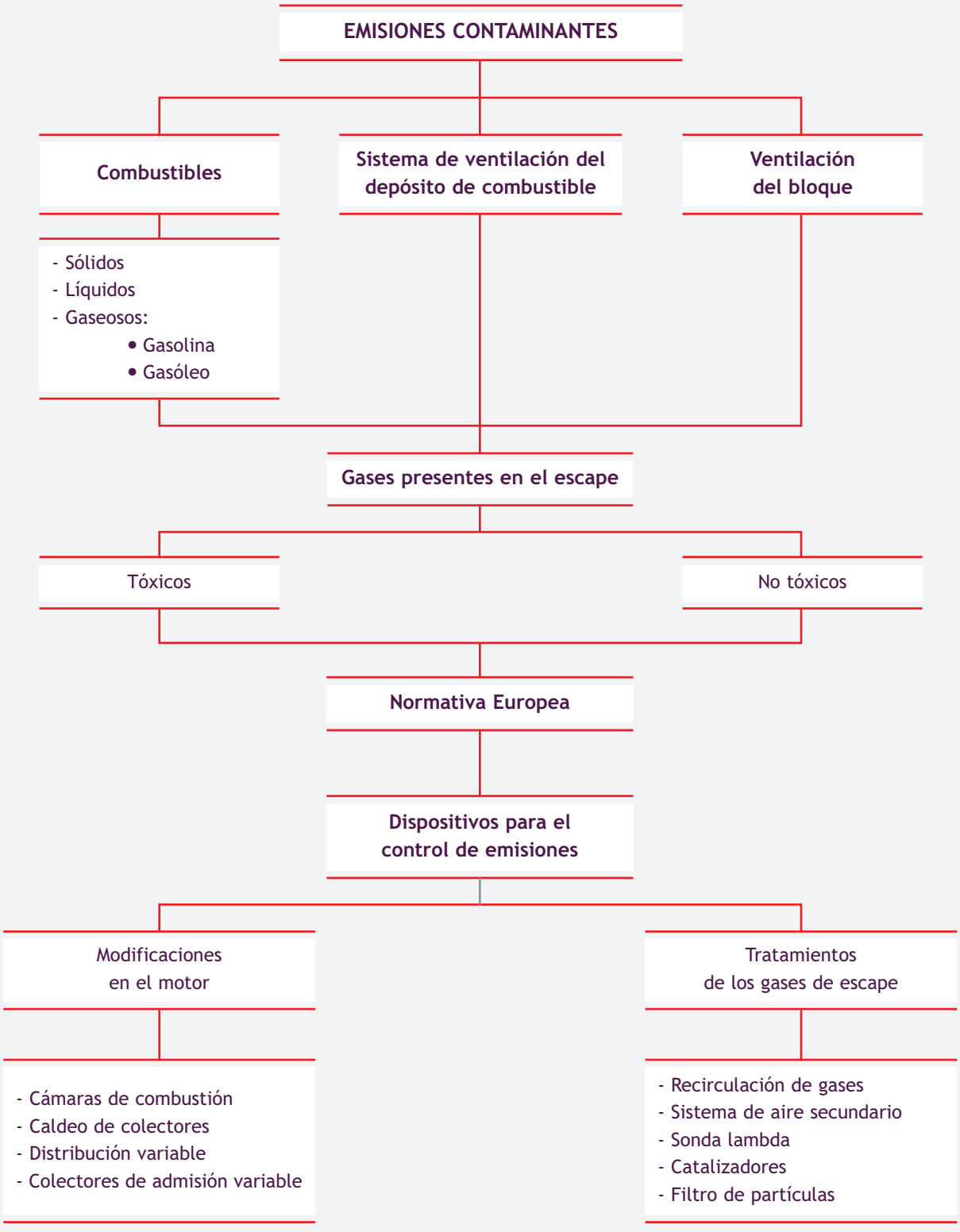
f) Fallo de encendido.

Gas analizado	Valor
λ	Fuera de escala
CO	2%
HC	1 500 ppm
O_2	6%
CO_2	11%



5.97. Valores de emisión de gases contaminantes.

Ideas clave


EMISIONES CONTAMINANTES
Combustibles
Sistema de ventilación del depósito de combustible
Ventilación del bloque
- Sólidos
- Líquidos
- Gaseosos:
• Gasolina
• Gasóleo
Gases presentes en el escape
Tóxicos
No tóxicos
Normativa Europea
Dispositivos para el control de emisiones
Modificaciones en el motor
Tratamientos de los gases de escape
- Cámaras de combustión
- Caldeo de colectores
- Distribución variable
- Colectores de admisión variable
- Recirculación de gases
- Sistema de aire secundario
- Sonda lambda
- Catalizadores
- Filtro de partículas

EOBD: EL VIGILANTE DE LA CONTAMINACIÓN

Normativa reguladora

El sistema EOBD (European On Board Diagnostic, Diagnóstico Europeo de a Bordo) nos indica, a través de un testigo en el cuadro de instrumentos, que nuestro vehículo ha rebasado el límite de emisiones contaminantes fijado por la ley, advirtiéndonos, de este modo, de que debemos visitar el taller para corregir esta anomalía.

Origen de las emisiones contaminantes

La inmensa mayoría de los vehículos actuales son movidos mediante motores de combustión interna, ya sean de gasolina o diésel. Su misión es transformar la energía química contenida en el combustible en energía mecánica. Si esta transformación fuese perfecta, el motor no emitiría contaminantes tóxicos, pues expulsaría solo vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno (N_2). Debido a las imperfecciones de la combustión en el interior del motor, al desgaste que va sufriendo y a posibles averías de determinados componentes, se producen otras emisiones tóxicas a la salida del tubo de escape, como el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos (HC), todas ellas perjudiciales para la salud y el medioambiente.

Se han promulgado diversas directivas europeas que exigen, entre otros aspectos, la instalación en los vehículos del sistema EOBD, el cual asegura, de modo permanente y a lo largo de la vida útil del vehículo, un adecuado control de los sistemas encargados de reducir las emisiones contaminantes. En el caso de los vehículos turismos es obligatorio para su homologación en la Unión Europea desde el 01/01/2001 para motores de gasolina, y desde el 01/01/2003 para motores diésel. Esta normalización afecta a todos los componentes específicos del sistema EOBD, lo que supone en todos los vehículos que los interfaces con el usuario sean idénticos: mismo conector, mismo testigo indicador, protocolos de comunicación normalizados e idénticos códigos de fallos.

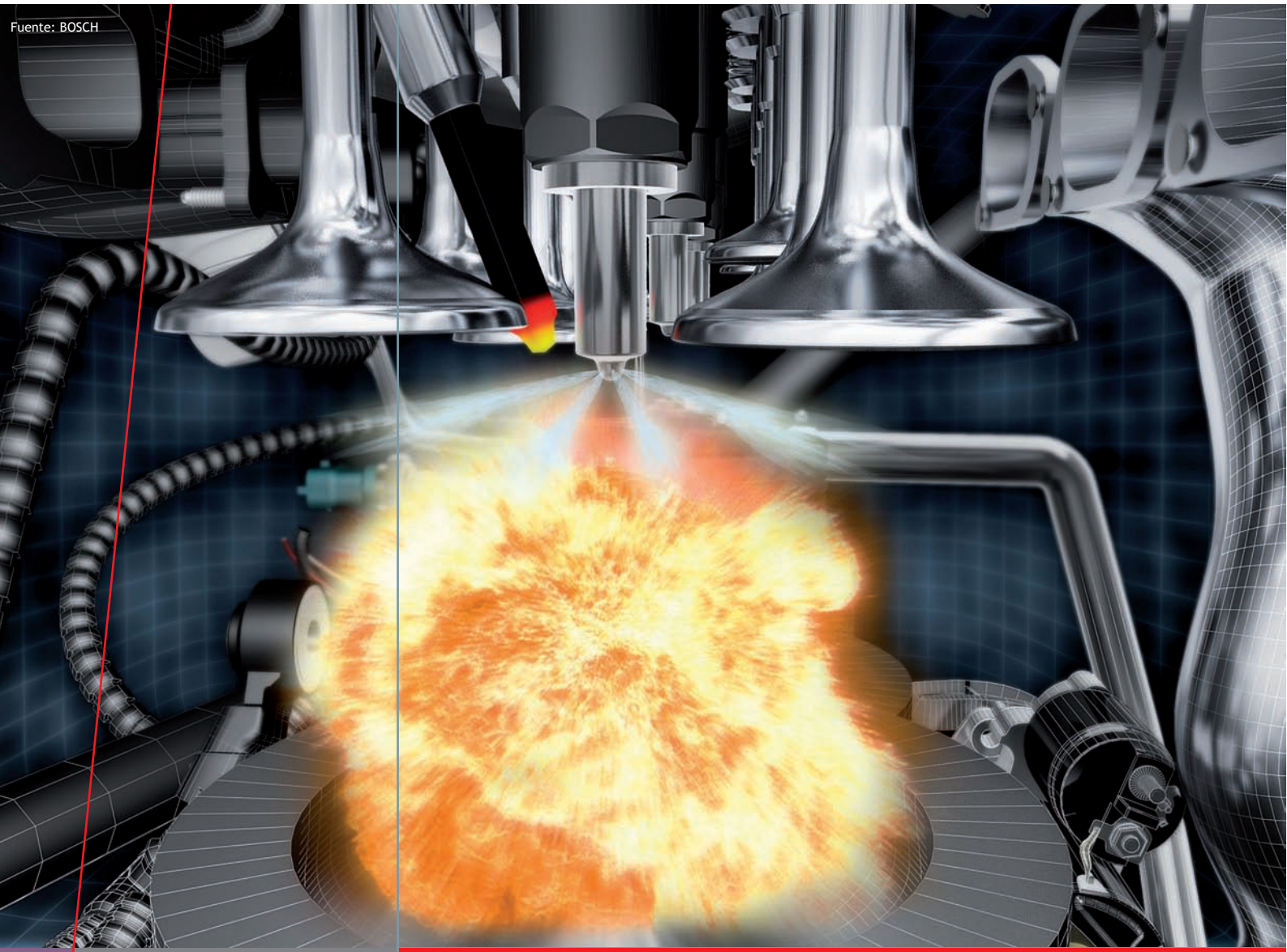
Funcionamiento del sistema EOBD

La supervisión de los parámetros de funcionamiento del motor así como el control de los diversos actuadores son llevados a cabo por el calculador del motor (UCE) y es este elemento el encargado de controlar las emisiones contaminantes, ajustándose a la normativa EOBD. Así, en caso de detectar que algún parámetro de funcionamiento del motor se encuentre en valores no aceptables o que alguno de sus actuadores o sensores se haya deteriorado, y siempre que un problema en dichos elementos pueda influir de manera negativa en las emisiones contaminantes, la UCE notificará al conductor, mediante el encendido del testigo dispuesto de manera reglamentaria para tal fin, y que se conoce como indicador de mal funcionamiento (IMF), que su vehículo está contaminando más de lo permitido por la legislación. Pueden existir tres estados posibles para el IMF, siempre y cuando el motor se encuentre en funcionamiento:

- Apagado: no se rebasan los límites de emisiones.
- Encendido: se ha superado al menos uno de los límites de emisiones establecidos.
- Parpadeante: posibilidad de que el catalizador esté dañado o existan fallos de encendido en motores de gasolina.

Además del encendido del testigo IML, el calculador guarda en su memoria interna el código de fallo relativo al componente que se encuentra deteriorado, así como las condiciones de funcionamiento del motor en el momento de registrarse el defecto (régimen, temperatura, velocidad, carga...).

Fuente: Enrique Zapico Alonso
Revista CESVIMAP
Marzo 2007


Fuente: BOSCH

unidad 6

Sistemas de inyección diésel I: bomba lineal

SUMARIO

- Principio de funcionamiento del motor diésel
- Sistemas de inyección diésel y sus componentes
- Bomba de inyección líneal

OBJETIVOS

- Aprender el principio de funcionamiento del motor diésel.
- Conocer los sistemas de inyección diésel y sus componentes.
- Conocer el funcionamiento de los componentes de una bomba lineal.
- Realizar las comprobaciones para el ajuste de la bomba de inyección en línea en el motor y en el banco de pruebas.
- Realizar la puesta a punto de la bomba de inyección lineal de forma estática y dinámica.

1 >> Principio de funcionamiento del motor diésel

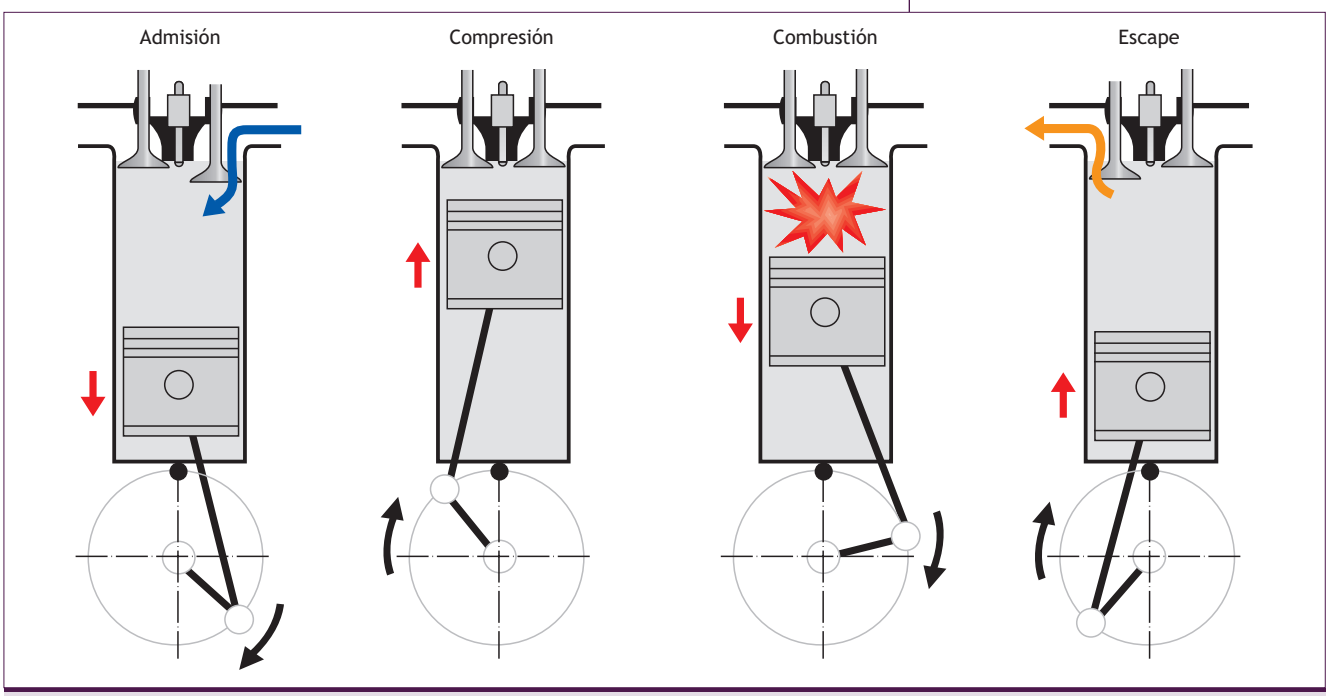
La estructura del motor diésel es similar a la del motor otto, aunque en los motores diésel primero penetra el aire en los cilindros y se comprime, y posteriormente entra el combustible. Por tanto, la mezcla se forma en el interior del cilindro.

El aire introducido en el cilindro se comprime fuertemente en la fase de compresión, alcanzando temperaturas superiores a los 600 °C. En esta masa de aire caliente se inyecta el combustible finamente pulverizado a alta presión. El combustible se enciende espontáneamente por la elevada temperatura del aire, mientras que una vez iniciado el proceso de la combustión se ve favorecido por la gran cantidad de oxígeno que se encuentra alrededor de cada una de la gotitas inyectadas. El ciclo del motor diésel de cuatro tiempos es el siguiente (figura 6.1):

- **Admisión.** La válvula de aspiración está abierta y la de expulsión cerrada. El recorrido del pistón desde el PMS al PMI permite el llenado del cilindro con aire limpio y filtrado.
- **Compresión.** El pistón vuelve a subir del PMI al PMS, con las válvulas cerradas. El aire contenido en el cilindro se comprime en la cámara de combustión. El aire se calienta hasta alcanzar los 500 y 750 °C cerca del PMS.
- **Inyección-combustión y expansión.** Poco antes del PMS el inyector introduce en el cilindro el gasóleo finamente pulverizado, a la presión de la bomba de inyección. El gasóleo se enciende, provocando aumento de la temperatura y de la presión, empujando el pistón hacia el PMI.
- **Escape.** Poco antes de terminar el tiempo de expansión, la válvula de escape se abre para expulsar los residuos de la combustión, gracias a que la presión residual es superior a la atmosférica.

Motor de encendico por compresión (MEC)

Los motores diésel también son conocidos como **motores de encendido espontáneo o por compresión.**



6.1. Ciclo del motor diésel de cuatro tiempos.

2 >> Sistemas de inyección diésel

El sistema de inyección se encarga de suministrar al inyector el caudal necesario de combustible en cada carrera de trabajo, haciéndolo a gran presión y a una posición exacta del cigüeñal. El inyector asegura una fina pulverización del combustible en la cámara de combustión.

Por otra parte, la **bomba de inyección** debe cumplir las siguientes condiciones de funcionamiento:

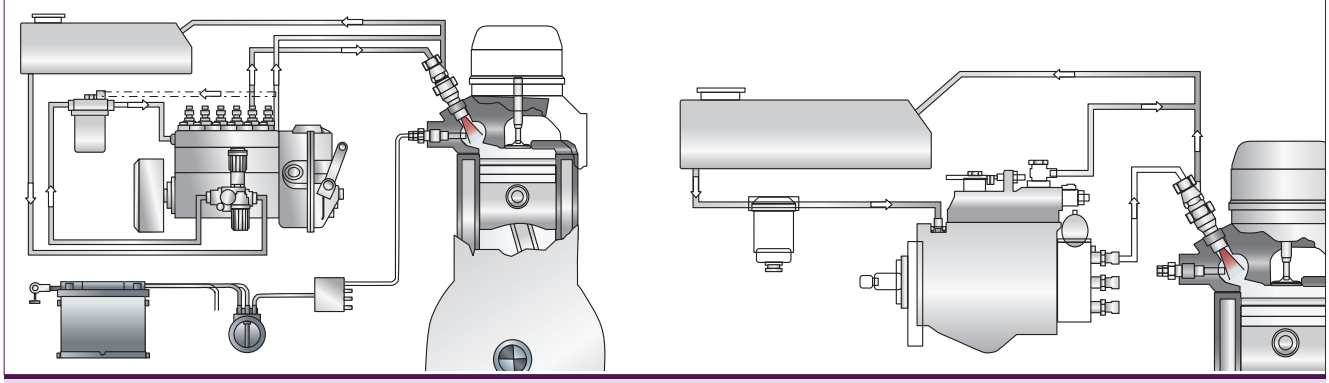
- Dosificación exacta del combustible.
- Distribución del mismo caudal de combustible para cada cilindro de motor por embolada.
- Rapidez de actuación tanto en el suministro como en el corte de combustible.
- Inyección en el instante preciso.

Existen principalmente **dos tipos de sistemas de inyección diésel** (figura 6.2) dependiendo de la disposición de los elementos de bombeo y la forma de realizar la distribución del combustible sobre los inyectores:

- Circuito de inyección con bomba lineal. Constituido por una bomba de gran tamaño y peso pero de gran rendimiento mecánico.
- Circuito de inyección con bomba rotativa. Implantado en motores diésel de marcha rápida. Su instalación de inyección es de poco peso y de reducidas dimensiones de montaje.

A. Con bomba lineal.

B. Con bomba rotativa.



6.2. Estructura del sistema de inyección diésel.

>> Casos prácticos

Diferencias entre motores diésel y gasolina

•• Anota en una tabla las diferencias más importantes entre los tiempos del ciclo de un motor otto y diésel.

Solución ··

Tiempos	Gasolina	Diésel
1	**Aspiración** de una mezcla de aire y gasolina que se prepara y dosifica externamente en un sistema de carburación o de inyección.	**Aspiración** de aire por la válvula de admisión.
2	La mezcla se somete a una **compresión** de 8 a 12 bar.	El aire se somete a una **compresión** muy elevada, de 30 a 50 bar, alcanzando temperaturas de entre 500 y 750 °C.
3	El tiempo de **explosión** y **expansión** tiene lugar al producirse el encendido de la mezcla por medio de una chispa producida entre los electrodos de la bujía.	Se produce la **inyección** de combustible a alta presión por la bomba de inyección que, al entrar en contacto con el aire fuertemente calentado y a presión elevada, produce la **combustión y expansión.**
4	Se produce la **expulsión** de los gases por la válvula de escape.	Se produce la **expulsión** de los gases por la válvula de escape.

Las cámaras de combustión se dividen en dos grandes categorías según se introduzca el combustible:

- **En motores de inyección directa.** El combustible se introduce directamente en el interior del cilindro.
- **En motores de inyección indirecta.** El combustible se introduce en una cámara separada de elevada turbulencia comunicada con el cilindro a través de un paso de dimensiones reducidas.

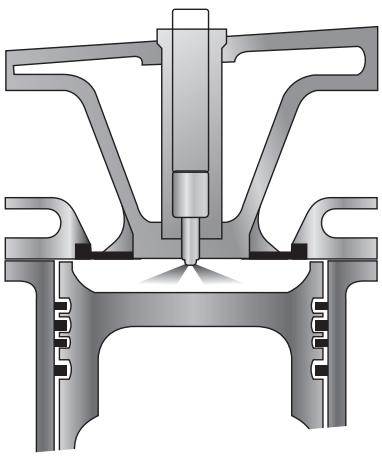
2.1 > Inyección directa

En este tipo de inyección, el inyector se encuentra situado en la culata del cilindro y presenta algunos **orificios periféricos** (hasta 8 en los grandes motores) de pequeño diámetro (0,15 mm) que aseguran una buena pulverización y penetración. Su punta se sitúa directamente en el cilindro sobre la cámara de combustión situada en la cabeza del pistón. La presión de inyección está entre 240 y 260 bar aproximadamente.

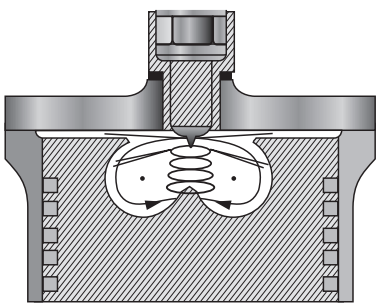
En estas cámaras el combustible se inyecta directamente en la cámara de combustión situada sobre la cabeza del pistón (figura 6.3). Por esta razón, la pulverización, calentamiento, mezcla con el aire del combustible y combustión tienen que tener lugar consecutivamente en muy poco tiempo, desarrollándose directamente en el cilindro y, por ello, es necesario una presión de inyección mucho más elevada que en el motor con precámara.

En algunos tipos de cámara se genera durante la admisión y compresión un remolino de aire (figura 6.4). Al final del tiempo de compresión el combustible se inyecta a una alta presión en el remolino de aire.

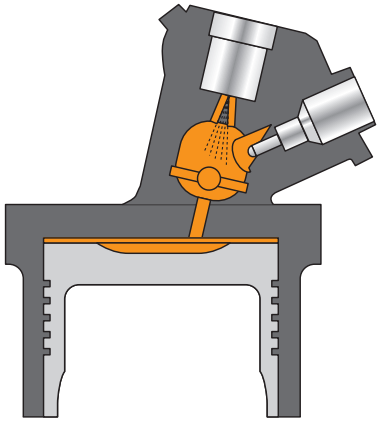
La ventaja principal de la inyección directa consiste en un consumo de hasta el 20% menor de combustible. Por contra, la combustión resulta un poco brusca y violenta, confiriendo a los motores diésel de este tipo un alto nivel de ruidos y un funcionamiento tosco.



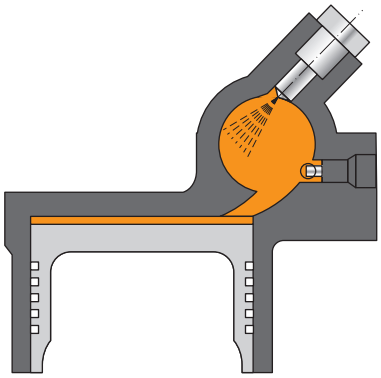
6.3. Cámara de inyección directa sin turbulencia.



6.4. Cámara de inyección directa con turbulencia.



6.5. Cámara de precombustión de inyección indirecta.



6.6. Cámara de turbulencia de inyección indirecta.

2.2 › Inyección indirecta

El inyector tiene un único orifico central de diámetro relativamente grande que se abre a una presión de entre 120 y 160 bar. Su punta no está en el cilindro, sino en el interior de una **precámara** situada en la culata. La precámara está en comunicación con la cámara principal del cilindro por medio de un estrecho conducto tangencial. Para que el motor funcione es necesario que la precámara esté caliente. Por este motivo para el arranque en frío el motor de inyección indirecta precisa la bujía de incandescencia, comúnmente llamada **bujía de precalentamiento.** Existen dos tipos de precámaras: cámara de precombustión y cámara de turbulencia.

- **Cámara de precombustión.** Se inyecta el combustible en una antecámara situada en la culata (figura 6.5). En este lugar, el combustible incide en una superficie de choque, por lo que este se mezcla totalmente con el aire. En esta antecámara tiene lugar una precombustión, que provoca turbulencia. Esta empuja la mezcla de combustible-aire hacia la cámara principal de combustión a través de unos orificios calibrados y orientados hacia la cabeza del pistón. En este lugar se produce y concluye la combustión. El tipo de combustión que se produce en esta cámara se distingue por ser suave y con poco ruido.
- **Cámara de turbulencia.** En esta cámara la combustión se inicia en una precámara llamada de turbulencia y finaliza en la cámara principal (figura 6.6). Ambas cámaras se encuentran unidas por un canal de sección relativamente grande. Durante el tiempo de compresión el aire circula por este canal formándose en la cámara de turbulencia un remolino de aire sobre el que se inyecta la cantidad exacta de combustible. Al comenzar la combustión, la mezcla de combustible-aire es empujada hacia la cámara principal de combustión, donde se produce y concluye la misma.

>> Casos prácticos

Características de la inyección directa e indirecta

•• Enumera las características principales de funcionamiento de la inyección directa e indirecta.

Solución •• Las principales características de ambas inyecciones se reflejan en la siguiente tabla:

Inyección directa	Inyección indirecta
- El combustible es inyectado directamente en el interior del cilindro - Los inyectores tienen más orificios - Presión de inyectores más elevada - Mejor rendimiento y menor consumo específico. - Combustión más rápida - Fácil arranque en frío	- El combustible es inyectado en una precámara situada en la culata de los cilindros - Los inyectores tienen un solo orificio - Menor presión de inyección - Funcionamiento más suave - Menores demandas - Menor emisión de contaminantes

3 >> Componentes básicos de un sistema de inyección diésel

3.1 > Filtros de combustible

La misión de los filtros es retener las impurezas existentes en el combustible. La calidad del filtro es decisiva para la duración de la bomba de inyección, por tanto, la purificación del combustible es de la máxima importancia y debe correr a cargo de filtros especiales adaptados a las necesidades de la bomba de inyección.

Según la forma de aplicación se distinguen por ello filtros simples, filtros múltiples y filtros paralelos, respectivamente con o sin acumulador de agua (figuras 6.7, 6.8, 6.9 y 6.10).

6.7. Filtro simple.

6.8. Filtro doble con filtrado en serie y con acumulador de agua.

6.9. Filtro simple con tapón de drenaje y bomba de cebado incorporada.

Por otra parte, el filtrado se puede realizar en varias fases, pudiéndose clasificar en dos categorías:

- **Prefiltros.** Se encuentran situados entre el depósito y la bomba de alimentación de combustible.
- **Filtros principales.** Situados entre la bomba de alimentación y la bomba de inyección.

Prefiltro

En algunos circuitos de alimentación diésel los filtros previos o prefiltros se encuentran situados con anterioridad a la bomba de alimentación de combustible con el fin de proteger a esta.

En algunos casos el prefiltro y la bomba forman parte de un mismo conjunto (figura 6.12). El funcionamiento del prefiltro se basa en recoger el gasóleo que proviene del depósito y hacerlo pasar por un elemento filtrante de malla metálica situado dentro del depósito en la tubería de aspiración, antes de ser enviado a la bomba de alimentación sin restos de impurezas.

Un segundo paso de prefiltrado se realiza situando un prefiltro a la entrada de la bomba de alimentación, donde la cubeta va recogiendo las impurezas gracias a que el muelle mantiene abierta la válvula. Para eliminar las impurezas basta con desenroscar la cubeta, momento en que la válvula cae sobre su asiento (figura 6.11).

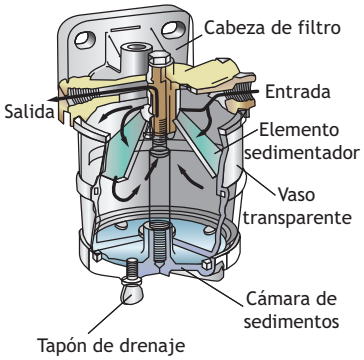
Agua en los filtros

En los filtros sin acumulador, el agua condensada se deposita en el fondo del cuerpo del filtro.

6.10. Filtro simple con acumulador de agua.

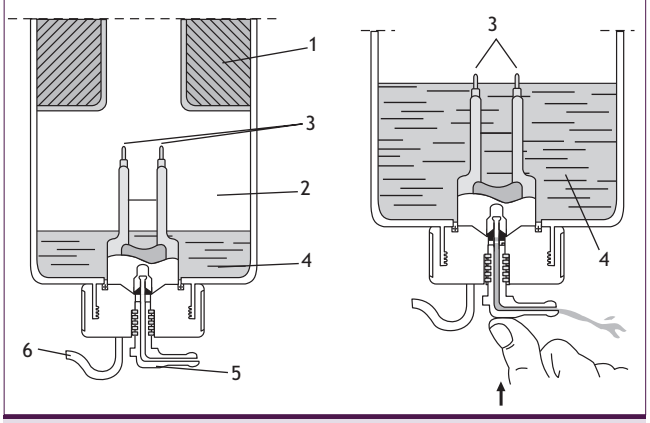
Impurezas del combustible

En la mayoría de los casos, las impurezas del aire pasan al combustible durante el repostado. Además, a través del sistema de ventilación del depósito penetran en el combustible partículas de polvo y, debido a los cambios de temperatura, se condensa agua. Esta agua condensada puede evacuarse con la periodicidad prevista en el caso de utilizar filtros de combustible con acumulador de agua.

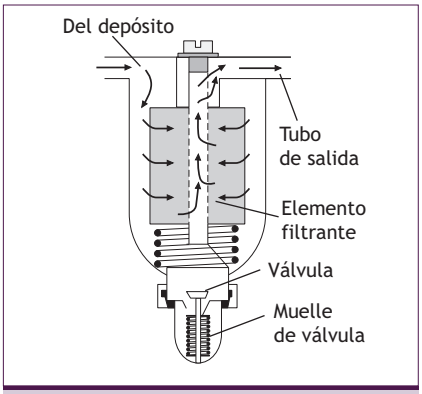


6.13. Filtro sedimentador sencillo.

1. Filtro
2. Carburante
3. Varillas de contacto
4. Agua
5. Válvula de purga del agua
6. Cableado eléctrico



6.14. Funcionamiento del filtro sedimentador con detector de agua.



6.11. Esquema prefiltro.

6.12. Prefiltro con bomba de alimentación.

Filtros principales

Los filtros principales tienen la finalidad de proteger a la bomba de inyección e inyectores de posibles impurezas de pequeño tamaño.

Existen diversos tipos de filtros principales:

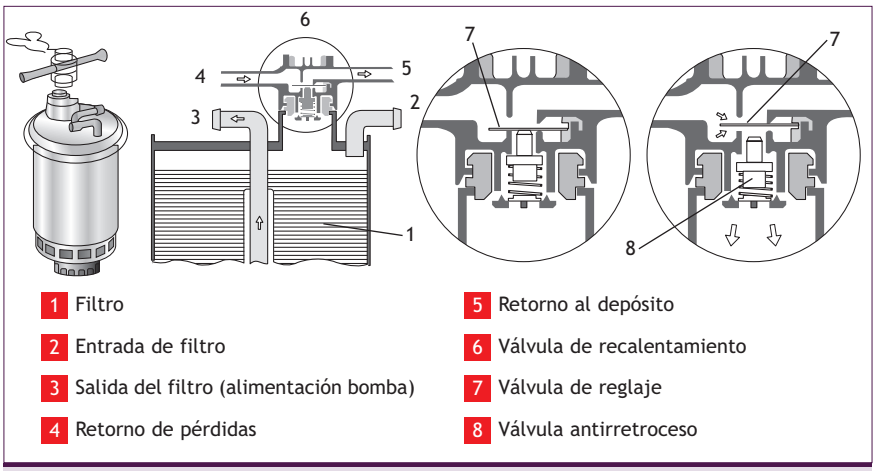
– **Filtro sedimentador.** Estos filtros cuentan en su parte inferior con una copa transparente de decantación donde se recoge el agua (figura 6.13), o disponen de un dispositivo electrónico de señalización de presencia de agua, que ilumina un testigo luminoso en el salpicadero que indica la necesidad de eliminar la condensación. Conviene recordar que el agua de condensación, presente a menudo en el gasóleo, puede oxidar la bomba de inyección y los inyectores.
El funcionamiento del filtro con dispositivo eléctrico (figura 6.14) se basa en que al establecer el contacto el módulo electrónico de mando envía una tensión a una de las dos varillas de contacto (3). Como las varillas de contacto quedan sumergidas en el carburante, la lámpara testigo no se enciende ya que su conductibilidad es débil. Pasado cierto tiempo de funcionamiento durante el cual el nivel de agua (4) aumenta, se establece el contacto eléctrico entre las dos varillas (3). La lámpara testigo se ilumina, siendo necesaria la purga del decantador. Para la purga se presionará la válvula (5) hasta que el carburante salga sin presencia de agua.

– **Filtro desmontable con cartucho filtrante.** Estos filtros están formados por una carcasa o cuerpo desmontable (figura 6.15), en cuyo interior se aloja un elemento filtrante a base de papel poroso con forma de fuelle. La carcasa se une a la tapa soporte por medio de un tornillo de fijación. El conjunto es estanco por medio del anillo de junta o sello. Para aumentar la capacidad de filtrado se pueden emplear filtros con doble cartucho filtrante.
Por tanto, y según el campo de aplicación de la bomba de inyección, deberá utilizarse un filtro de combustible o un **cartucho de filtro adecuado.** En cuanto a los cartuchos de filtro se distingue entre los de **fieltro y los de papel** (figura 6.16). El tamaño de los poros es de unos 0,015 mm por término medio.

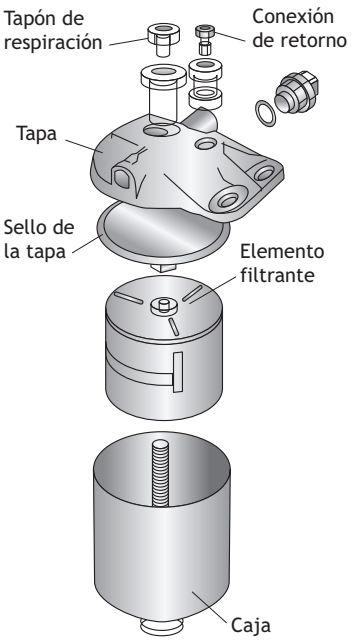
Cuando el combustible fluye hacia el lado depurado, las partículas de suciedad quedan retenidas en el cartucho de filtro.

- **Filtro con bomba manual de cebado.** En algunos casos, sobre el soporte del filtro existe también una bomba manual para cebar. En tal caso, la purga se efectúa con el motor apagado accionando la bomba hasta que no aparezcan burbujas de aire por el tapón de purga.
- **Filtro con sistema de calentamiento de combustible.** A veces algunos filtros también están provistos de un dispositivo de recalentamiento del combustible, que utiliza el líquido refrigerante del motor o una resistencia eléctrica para calentar el combustible con el fin de evitar que las parafinas contenidas en el gasóleo se solidifiquen como consecuencia de las temperaturas bajas y así el filtro bloquee el flujo regular que puede parar el motor (cristales en el carburante). En el caso de llevar una serie de resistencias eléctricas, estas van insertadas en el soporte del cartucho, y son alimentadas eléctricamente en función del cierre de los contactos de un termointerruptor instalado en el mismo soporte, influenciado tanto por la temperatura del gasóleo como por la temperatura ambiente que lo circunda (figura 6.17). En presencia de temperaturas inferiores a +6 °C sus contactos se mantienen cerrados, permitiendo la alimentación de la resistencia, mientras que a +15 °C se abren.

Otro tipo de filtro con sistema de recalentamiento de carburante es como el de la figura 6.18. Con el motor funcionando, el carburante se recalienta al pasar por la bomba de inyección y después por el inyector. Una parte del carburante es impulsada bien por el retorno de pérdidas de los inyectores o bien por el retorno de pérdidas de la bomba de inyección en dirección a la válvula de recalentamiento (6). Esta válvula dirigirá el carburante recalentado hacia el depósito (5) o hacia el filtro de carburante, en función de la temperatura exterior. Por ejemplo si la temperatura exterior es superior a 10 °C, la válvula de reglaje (7) se encuentra en posición de reposo y el carburante se dirige automáticamente hacia el depósito. Si la temperatura exterior es inferior a 0 °C, la válvula de reglaje obtura el circuito de retorno al depósito echando hacia atrás la válvula antirretorno (8) y dirigiendo el combustible hacia el cartucho filtrante (1).

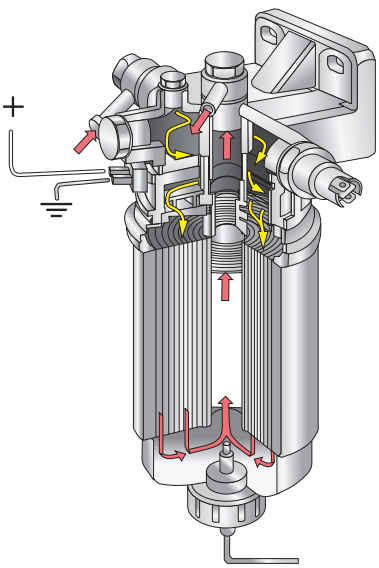


6.18. Aspecto exterior y funcionamiento de un filtro con sistema de recalentamiento.



6.15. Filtro desmontable con cartucho filtrante.

6.16. Cartucho de filtro de gasóleo de papel.



6.17. Filtro de combustible con sistema eléctrico de calentamiento.

Calidad del combustible

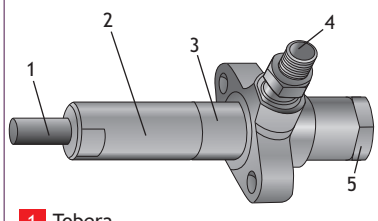
Si el carburante utilizado es de mala calidad puede producirse el taponamiento del filtro en poco tiempo.

P Práctica 10

Precisión de los inyectores

El cuerpo del inyector y la aguja del mismo están acoplados y pueden trabajar conjuntamente con una extrema precisión, de manera que se pueden obtener juegos de entre 2 y 3 milésimas de milímetro.

Para tener una idea de tales valores basta pensar que el diámetro de un cabello humano es, como media, de aproximadamente 2 centésimas de milímetro, es decir, diez veces mayor.



1 Tobera
2 Tuerca de la tobera
3 Portatobera
4 Entrada de combustible
5 Tuerca superior

6.19. Conjunto portainyector e inyector.

Los filtros se encuentran normalmente en la posición más elevada del circuito, con el objetivo de poder favorecer (si es necesario) la desaireación, que se efectúa desatornillando la conveniente válvula de purga situada en el soporte, con el motor en marcha o accionando el motor de arranque.

En resumen, se puede decir que la calidad del filtro y su regular sustitución periódica son de particular importancia para la integridad del sistema de inyección.

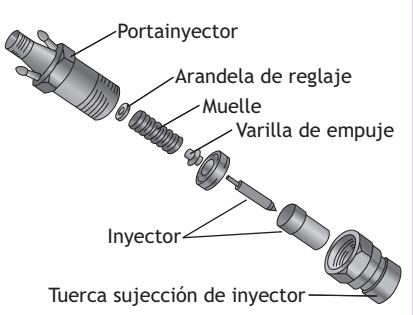
3.2 > Inyectores y portainyectores

A través de un tubo de acero, el combustible es enviado desde la bomba de inyección al inyector, el cual lo introducirá en la cámara de combustión, pulverizándolo muy finamente y en las mejores condiciones para que la combustión se lleve a cabo de modo rápido y regular.

> **El inyector es el elemento de unión entre la bomba de inyección y el motor. Son gobernados por la presión del combustible que se forma durante la carrera útil de la bomba de inyección.**

Normalmente el inyector completo está compuesto por dos partes principales (figura 6.19):

- **Portainyector.** Fija al inyector en la culata y lo aísla de la cámara de combustión; además, establece la comunicación con las tuberías de combustible (tubo de inyección y racor para el exceso de combustible que vuelve al depósito). Puede tener distintas formas y dimensiones en función de las características de la culata (figura 6.20).
- **Inyector.** Está situado en el interior del portainyector y está compuesto a su vez por cuerpo y aguja (figura 6.21).



6.20. Despiece de un portainyector e inyector.

6.21. Tobera.

El **portainyector o portatoberas** contiene en su interior un muelle (7) que determina la presión de apertura del inyector (figura 6.22).

El funcionamiento del conjunto portainyector se basa en que cuando el gasóleo llega del enlace (1), el muelle del cuerpo de sujeción (2) presiona sobre la aguja del inyector a través del perno de presión (3). La fuerza inicial de este muelle determina la presión de apertura del inyector. Esta presión de apertura se ajusta mediante las correspondientes arandelas (5). El combustible llega al asiento del inyector por el correspondiente orificio de

entrada en el cuerpo de sujeción (2), el disco intermedio (4) y el inyector propiamente dicho (6). Durante el proceso de inyección, la aguja del inyector es levantada por la presión de inyección y el combustible entra en la cámara de combustión a través del taladro ciego y de los orificios de inyección. Al caer la presión de inyección, el muelle (7) presiona de nuevo la aguja del inyector contra su asiento, finalizando la inyección.

El **inyector,** compuesto por cuerpo y aguja, es el elemento que suministra el combustible una vez que la presión de combustible es mayor que la fuerza contraria del muelle de presión del portainyector. Con esto se consigue que queden abiertos el orifico o los orificios de inyección, y el combustible sea inyectado en la cámara de combustión.

Los tipos de inyectores son varios, adaptándose cada uno de ellos al proceso de combustión y a las características especiales de cada motor. Pero se distinguen dos tipos principales (figura 6.23):

- Inyectores de orificios. Para motores de inyección directa.
- Inyectores de espiga o tetón. Para motores de inyección indirecta.

Dentro de esta clasificación existe además una gran variedad de inyectores dependiendo de las características de cada motor.

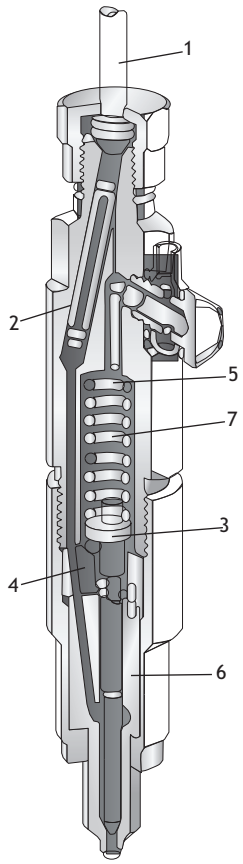
A. De orificios. B. De espiga.

6.23. Tipos de toberas.

Inyectores de orificios

Existen inyectores con uno y con varios orificios. Los de un solo orificio lo tienen practicado de forma central o lateral, y los de varios orificios forman entre sí un ángulo de salida determinado con el fin de conseguir una distribución óptima del combustible dentro de la cámara de combustión (figura 6.24).

El diámetro y la longitud de los orificios (figura 6.25) influyen sobre la forma y la profundidad de penetración del chorro. La presión con la que inyectan estos inyectores oscila entre los 150 y 250 bar.



1 Entrada de combustible
2 Cuerpo
3 Perno de presión
4 Disco intermedio
5 Arandelas
6 Inyector
7 Muelle

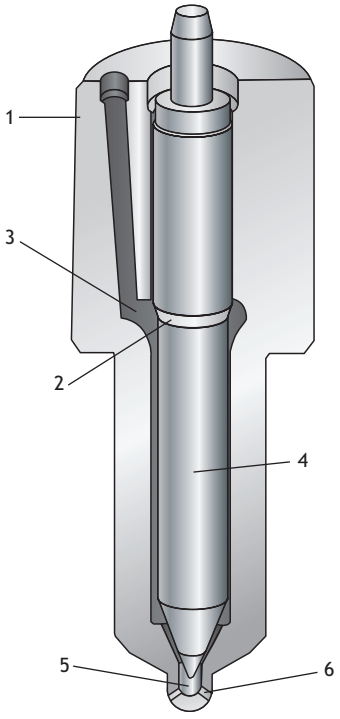
6.22. Portainyector o portatoberas.

6.24. Distribución del combustible en un inyector de 5 orificios. Fuente BOSCH.

Ruido de los inyectores

Los inyectores hacen un zumbido muy suave perceptible solamente a una cadencia de 1 a 2 bombeos. Para una cadencia más rápida, el zumbido desaparece y es sustituido por un silbido perceptible a partir de 4 a 6 bombeos por segundo. Hasta la obtención del silbido, el chorro es pulverizado toscamente, a veces irregularmente repartido, deshilado.

1 Cuerpo de inyector
2 Parte cónica de empuje
3 Cámara de presión
4 Aguja de inyector
5 Taladro ciego
6 Orificios de inyección
7 Cámara anular
8 Rosca de doble paso
9 Envoltura refrigerante
10 Entrada de combustible
11 Entrada de refrigerante



6.25. Sección de una tobera de orificios.

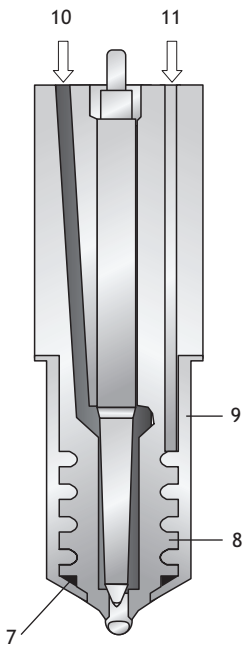
– **Inyectores de orificios refrigerados.** Se utilizan en motores sometidos durante un intervalo amplio de tiempo a altas temperaturas, como puede ser en los motores sobrealimentados.

Estos inyectores disponen de unos orificios por donde se les hace llegar líquido del circuito de refrigeración (figura 6.26), uno para la entrada de combustible (10) y otros dos para la entrada y salida de refrigerante (11).

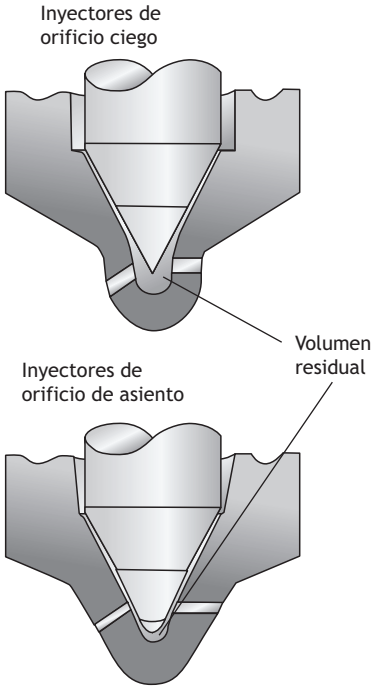
El extremo inferior del cuerpo del inyector presenta una rosca de doble paso (8) estanqueizada hacia el exterior por una envoltura refrigerante. El fluido refrigerante pasa del canal de entrada del portainyector al orificio de entrada del inyector, y desde aquí accede por uno de los dos pasos de la rosca a la cámara anular (7), y desde esta es impulsado por el otro paso de la rosca y por el orificio de salida hacia el canal de salida del portainyector.

Los inyectores de orificios se dividen en inyectores de **orificio ciego e inyectores de orificio de asiento** (figura 6.27). La característica que los diferencia es el **volumen residual,** que permanece con el inyector cerrado.

El combustible remanente en el volumen residual puede evaporarse sin obstáculos hacia la cámara de combustión al final de la inyección. De esta manera aumenta la parte de hidrocarburos en los gases de escape. Los inyectores de orificio de asiento tienen un volumen residual menor, con lo que contribuyen a la reducción del hidrocarburo en los gases de escape.



6.26. Sección de una tobera de orificios refrigerados.

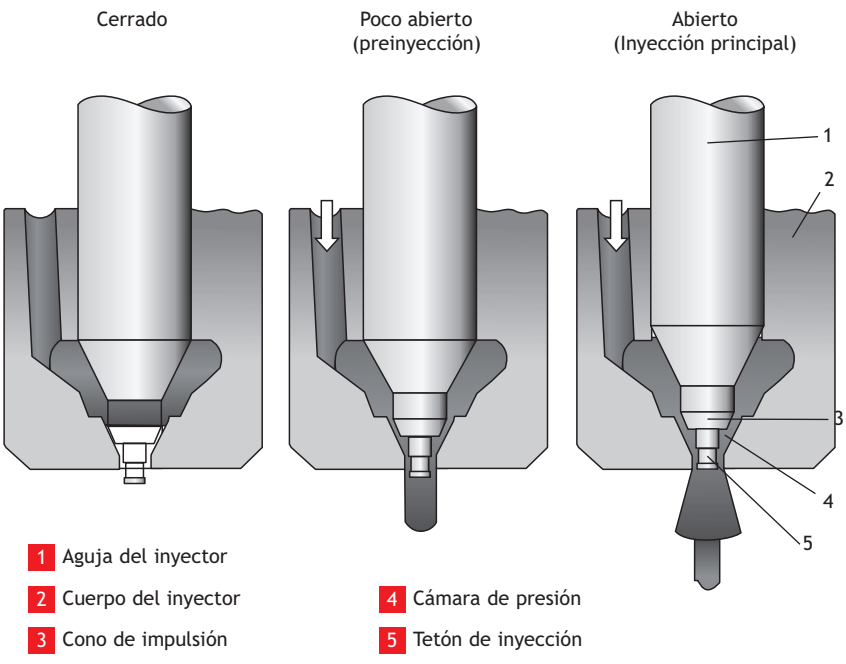


6.27. Sección de una tobera de orificio ciego y de asiento.

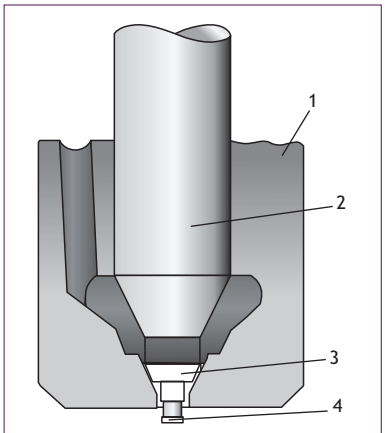
Inyectores de espiga o tetón

En estos inyectores la presión de apertura se encuentra entre los 110 y 135 bar. La aguja (2) del inyector de espiga tiene en uno de sus extremos una espiga de inyección (4) de diseño especial que penetra, con escasa holgura, en el orificio de inyección del cuerpo del inyector (figura 6.28). Dando a las espigas distintas dimensiones y formas es posible modificar el chorro inyectado según se requiera.

– **Inyectores de espiga con estrangulación.** Las espigas de estos inyectores tienen dimensiones especiales que consiguen una preinyección (figura 6.29). Al abrir, la aguja del inyector deja libre en principio únicamente una rendija anular muy estrecha, que solo deja pasar poco combustible (efecto de estrangulación). Al continuar la apertura (por aumento de la presión), la sección de paso se hace mayor, y solo hacia el final de la carrera de la aguja se inyecta la fracción principal de combustible. Con esto se consigue que la combustión y, por tanto, el funcionamiento del motor sean más suaves, pues la presión aumenta más lentamente en la cámara de combustión.
El funcionamiento de un inyector de tetón o espiga (figura 6.30) se basa en que al llegar el gasóleo hasta la aguja del inyector, desde la entrada de combustible (1) y cuando su presión supera el valor de ajuste del muelle (6) (valor que se puede modificar por medio de los espesores de las arandelas (4)), consigue elevar la aguja del inyector, produciendo así la pulverización del combustible en la precámara. Al terminar la inyección, el muelle no es presionado por la presión de combustible y la aguja se cierra sobre su asiento. El gasóleo también sirve para lubricar los componentes antes de retornar al depósito a través del conducto (3).



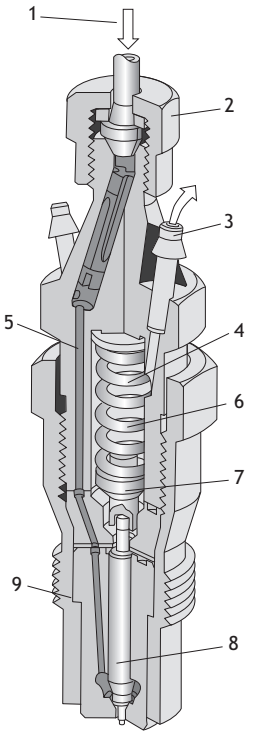
6.29. Características de inyección de un inyector de espiga con estrangulación.



6.28. Sección de una tobera de espiga o tetón.

Mantenimiento del inyector

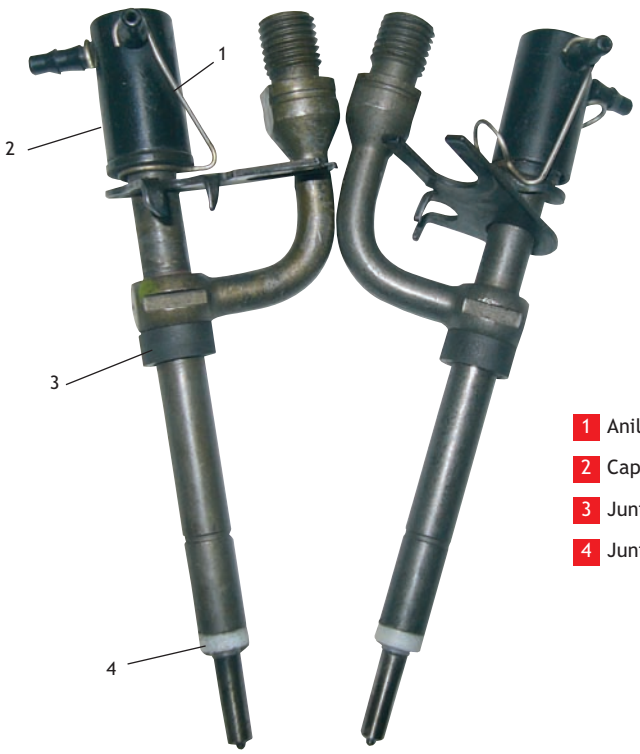
En todos los casos, la reparación de un inyector debe limitarse a operaciones de limpieza. El empleo de un producto abrasivo para frotar así como el rectificado de los asientos del cuerpo del inyector o aguja están prohibidos. Estas operaciones modifican las características del inyector, produciendo malas combustiones, pérdidas de potencia y calentamiento del motor.



1. Entrada de combustible
2. Tuerca de racor para tubería de alimentación
3. Conexión para combustible de retorno
4. Arandelas de ajuste de presión
5. Canal de alimentación
6. Muelle de compresión
7. Perno de presión
8. Aguja del inyector
9. Tuerca de fijación del porta-inyector a la culata del motor

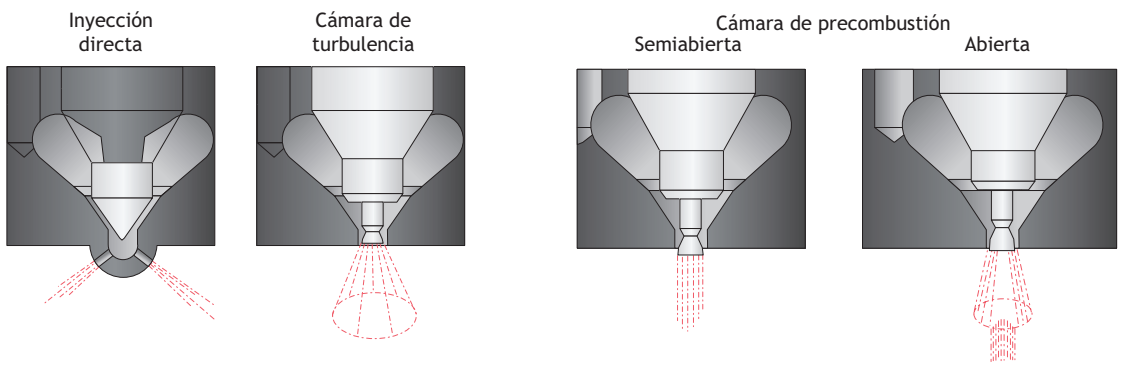
6.30. Inyector de tetón.

– **Inyectores de tipo lápiz.** En algunos tipos de motores se disponen inyectores denominados de tipo lápiz como los de la figura 6.31. Estos inyectores están formados por un anillo de sujeción (1) y el capuchón (2). La presión de abertura del inyector se ajusta mediante un casquillo con rosca y el desplazamiento de aguja se regla mediante un tornillo. Tanto el casquillo con rosca como el tornillo de reglaje van situados en el interior del capuchón (2). Además en su parte inferior se sitúan dos juntas de acoplamiento (3 y 4).



6.31. Aspecto exterior de un inyector de tipo lápiz.

En la figura 6.32 se puede observar la **atomización de los inyectores** dependiendo del tipo de cámara de combustión utilizada en el motor.



6.32. Atomización de los inyectores.

Técnica

Comprobación de los inyectores

p Práctica 11

•• Para la comprobación de los inyectores se necesitará el siguiente equipo:

- Útil para desmontar los inyectores sobre el motor.
- Útil para desmontar los inyectores sobre el banco.
- Banco de pruebas de tarado de inyectores (figura 6.33).
- Líquido de pruebas de calibrado según normas ISO.

Antes de comenzar las pruebas con inyectores hay que tener presente las siguientes recomendaciones:

- Procurar que los surtidores no estén dirigidos a las manos o a otras partes del cuerpo.
- El líquido de la bomba de tarado es proyectado a tal presión que puede atravesar la piel y provocar graves heridas.
- En caso de contacto con la piel, tratar la herida médicamente.

El proceso de comprobación consta de varias fases:

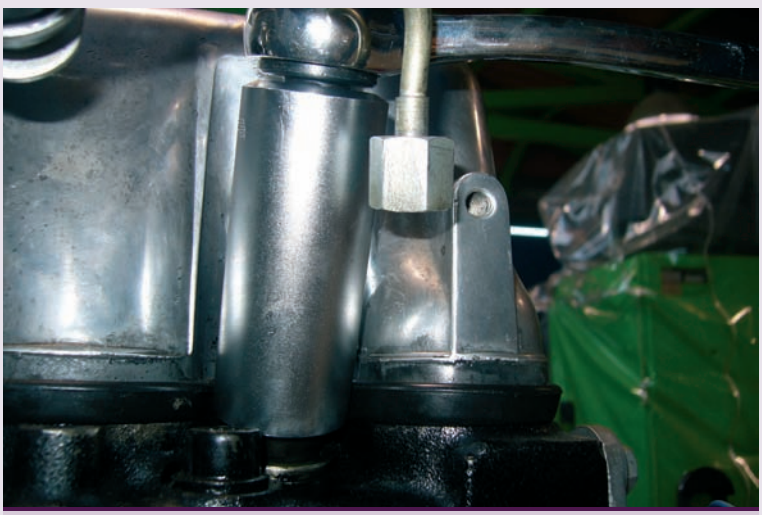
Fase 1: Desmontaje, desarmado y control de los portainyectores

- Aflojar y desmontar el conducto de alta presión y el tubo flexible de retorno (figura 6.34).
- Mediante la herramienta de vaso adecuada (figura 6.35) aflojar y desmontar los portainyectores completos (figura 6.36).
- Extraer la arandela cortallamas (H) (figura 6.37).
- El desarmado del portainyector se realizará aflojando la tuerca de fijación F.
- Desmontar el inyector con todos los accesorios de mando y de reglaje en el orden siguiente (figura 6.38): el inyector, el distanciador, la varilla empujadora, el muelle de tarado y las arandelas de espesor.

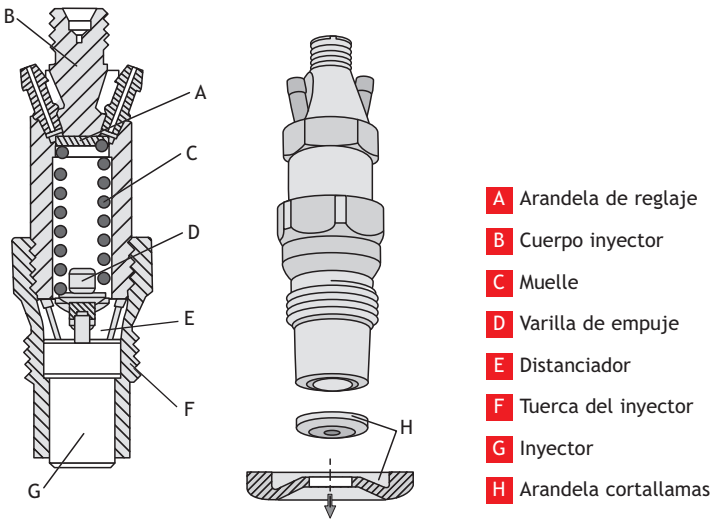
6.33. Equipo de comprobación de inyectores.

6.34. Desmontaje tubería de alta presión.

6.35. Útil de desmontaje del portainyector.



6.36. Operación de desmontaje del inyector.



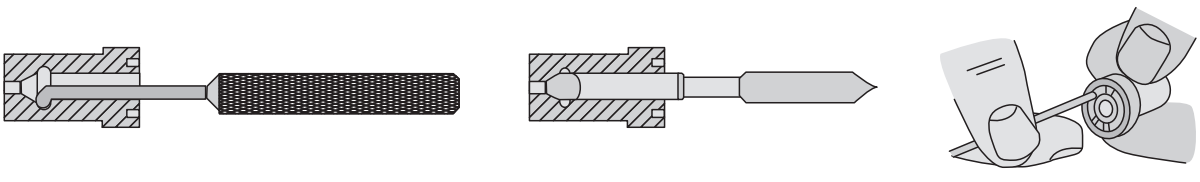
6.37. Desarmado portainyector.

6.38. Partes de un portainyector e inyector desmontado.

Fase 2: Limpieza y comprobación de los inyectores

- La limpieza de portainyectores e inyectores debe hacerse con productos apropiados de limpieza. No se utilizará un cepillo metálico, ni un cuchillo ni otros útiles parecidos. Los orificios de los inyectores se limpiarán con una aguja de inyección.
- Una vez desmontado el inyector completamente para su limpieza se examina detenidamente cada una de las piezas para descubrir signos de desgaste o de corrosión u otros daños.

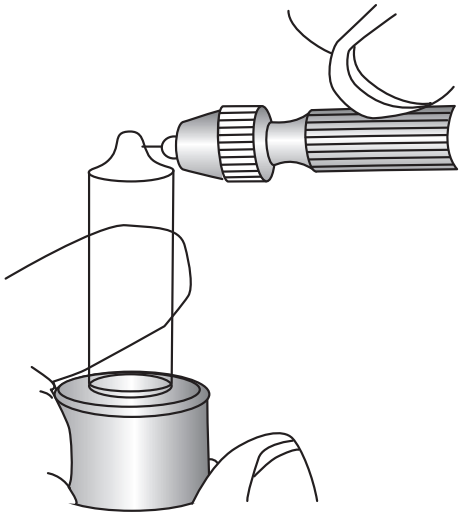
- Limpiar la aguja y el cuerpo del inyector con líquido limpio. Decalaminar exteriormente estas piezas con una brocha de pelo de latón o nylon. No usar nunca brochas con pelos de acero.
- Limpiar la garganta circular del cuerpo del inyector. Para ello, introducir un escariador en el alojamiento de la aguja y raspar la garganta como se indica en la figura 6.39.A.
- Introducir la fresa especial que corresponda al diámetro de aguja en el cuerpo del inyector y limpiar el asiento por rotación (figura 6.39.B).
- Limpiar los orificios de alimentación de la tobera por medio de una varilla o alambre de diámetro adecuado (figura 6.39.C).



A Limpieza de la garganta B Limpieza del asiento C Limpieza de orificios de alimentación

6.39. Operaciones de limpieza sobre un inyector.

- Limpiar el orificio u orificios de la tobera por medio de un punzón de diámetro idóneo (figura 6.40).
- Se controlará el estado de las roscas y se examinará el cuerpo en especial y la aguja del inyector. Se introducirán 2/3 partes de la aguja en el cuerpo del inyector y se mantendrá esta en posición vertical. La aguja debe caer lentamente por su propio peso.
- Repetir la operación tantas veces como sea necesario por asegurar el funcionamiento correcto del inyector (figura 6.41). Si la aguja está ligeramente gripada dentro del cuerpo, se sustituye el inyector completo.



6.40. Limpieza de orificios de la tobera.

6.41. Desplazamiento de la aguja sobre el cuerpo del inyector.

Fase 3. Montaje del inyector

- Al ensamblar el portainyector procurar que todo esté completamente limpio. Previamente se habrán lubricado las piezas con líquido de pruebas.
- Montar en el cuerpo todas las piezas en orden inverso al desarmado.
- Finalmente apretar la tuerca (H) respetando el par estipulado por el fabricante.
- Para el montaje de los portainyectores, montar una arandela cortallamas nueva orientándola en el sentido de la flecha.
- Atornillar los portainyectores dentro de la culata utilizando la herramienta de vaso y apretarlos al par fijado por el constructor.
- Por último, montar el conducto de alta presión apretando los racores al par establecido y se unirán los tubos flexibles de retorno.

Fase 4. Comprobación de los inyectores con el equipo de pruebas

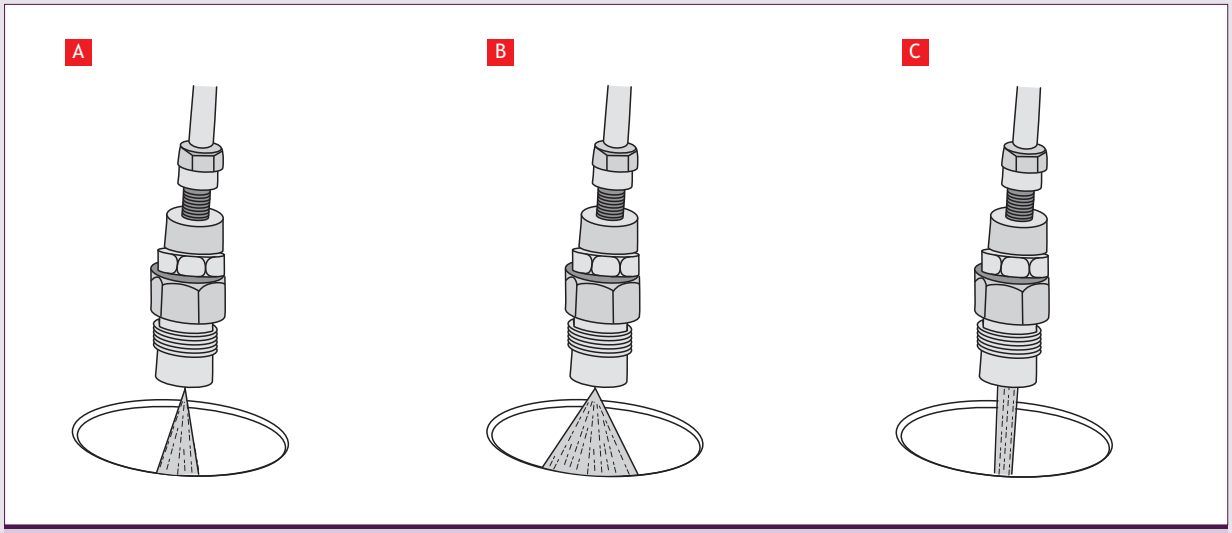
Esta fase puede constar de los siguientes pasos:

a) Presión de apertura o tarado

- Con el manómetro de presión aislado, dar unos golpes de bomba rápidos a fin de purgar bien los circuitos.
- Volver a instalar el manómetro de control y accionar lentamente la palanca de la bomba hasta la abertura del inyector. Aumentar la presión indicada y comparar con el valor del constructor.
- En la mayoría de los casos el ajuste de la presión de abertura se realiza intercalando arandelas de reglaje de espesor distinto. Por término medio la diferencia de 0,10 mm de espesor de las galgas hace variar la presión de abertura aproximadamente 10 bar. El reglaje también puede realizarse actuando sobre un tornillo.
- En un mismo motor la diferencia máxima de tarado entre inyectores no debe superar los 8 bar.
- En caso de montaje de piezas nuevas, como el inyector y resorte de presión, reglar el tarado hacia el máximo de tolerancia.

b) Control del chorro y de la pulverización (figura 6.42)

- Durante la realización de esta prueba el manómetro debe ser aislado con un grifo de cierre y se accionará la palanca de la bomba a un régimen de 120 emboladas por minuto para observar el chorro de combus-



6.42. Control de chorro y pulverización de un inyector.

tible. Se deberá ignorar la calidad de la pulverización mientras el inyector no «ronque», sonido característico de pulverización. Un inyector que no pulveriza homogéneamente no hay porqué considerarlo defectuoso ya que puede ser debido a un bombeado débil a la influencia del kilometraje o que el inyector es nuevo.
- Se comprobará que la pulverización es fina y uniforme (figura 6.42.A), en caso de que el chorro tenga un ángulo de pulverización superior al estipulado (figura 6.42.B) será causa de un inyector sucio en el asiento de válvula. Y si por el contrario el cono de pulverización no existe, es decir, es continuo (figura 6.42.C), será causa de baja presión de apertura en la válvula por defecto del muelle o que esté mal reglado.
- Abrir la válvula del manómetro y accionando la palanca de la bomba aumentar la presión hasta que se produzca la inyección. Leer la presión de inyección obtenida en el manómetro y compararla con la especificada por el fabricante.
- Si la presión no corresponde con la especificada se actuará sobre las arandelas, en caso de inyector con arandelas o sobre el elemento de roscado en inyectores de este tipo, para variar la presión del muelle de presión.

c) Estanqueidad de la aguja

- Una vez obtenida la presión de inyección se deberá secar el extremo del inyector o tobera.
- Actuar sobre la bomba del comprobador y mantener la presión 10-20 bar por debajo de la presión de tarado. En esta posición no debe caer gota alguna de la punta del inyector al menos durante 30 segundos. Si es así, será indicativo de perfecto estado de la aguja de la tobera. Una pequeña humedad no debe considerarse como criterio de rezumado.

d) Estanqueidad inyector-portainyector-retorno de fugas

- No debe rezumar combustible por la tuerca de fijación del inyector, ni por el circuito de retorno de fugas.
- Un rezumado en la tuerca de fijación del inyector indica un defecto del adaptador del portainyector o del inyector.
- Una fuga en el circuito del retorno indica un defecto del adaptador del portainyector e inyector, aguja o del portainyector.

Fase 5. Búsqueda de inyectores defectuosos

- Controlar en primer lugar el perfecto estado mecánico del motor.
- Seguidamente poner en marcha el motor y mantenerlo a un régimen ligeramente superior al de ralentí.
- Aflojar uno de los racores de los tubos de alta presión en los inyectores. Si el motor baja su régimen en el momento de aflojar el racor, el inyector funciona. Y si el régimen motor permanece constante tras el aflojado, el inyector está defectuoso.

>> Actividades propuestas

1·· Efectúa el desmontaje y montaje de filtros de combustible sobre diferentes motores. Además realiza el correspondiente purgado del sistema de alimentación durante el arranque del vehículo.

2·· Desmonta los diferentes tipos de inyectores vistos hasta ahora y comprueba las diferentes partes de cada uno de ellos.

3·· Comprueba sobre un equipo de verificación de inyectores la presión de apertura y el chorro de pulverización de diferentes inyectores.

6.43. Calentador.

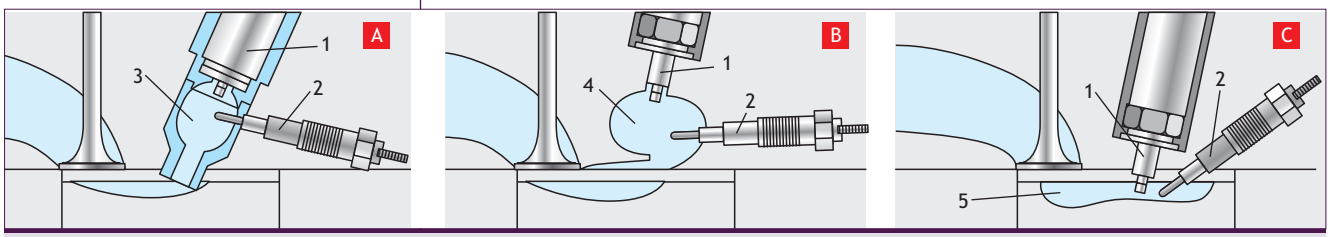
3.3 > Calentadores

Los calentadores o bujías de precalentamiento (figura 6.43) son los encargados de calentar la cámara de combustión lo suficiente para permitir unas condiciones de combustión estables para el carburante inyectado en la fase de arranque del motor.

Por tanto, se requiere su utilización cuando las condiciones ambientales son frías o cuando el motor ha estado en reposo varias horas, ya que en estas condiciones es necesaria más energía para provocar el encendido en la fase de arranque del motor, porque tanto el aire de entrada como el mismo motor están más fríos y las pérdidas de compresión y bombeo son también más elevadas.

El calentador diésel debe ir ubicado cerca de la cabeza del cilindro (en la cámara o precámara de combustión) y estratégicamente situado (figura 6.44). **Es importante situar el tubo incandescente en el borde de la turbulencia de la mezcla,** puesto que de este modo podrá alcanzar el calor justo en el lugar donde es requerido.

A Con precámara
B Con cámara de turbulencia
C En motor de inyección directa
1 Inyector
2 Bujía de preincandescencia
3 Precámara
4 Cámara de turbulencia
5 Cámara de combustión



6.44. Ubicación del calentador en el motor diésel.

El calentador consta de un tubo de incandescencia y de un cuerpo roscado que se enrosca en la culata del motor, de un modo parecido a como lo haría una bujía de encendido. Debido a su situación el calentador va a entrar en contacto con el combustible en el proceso de combustión, por lo que debe ser resistente a:

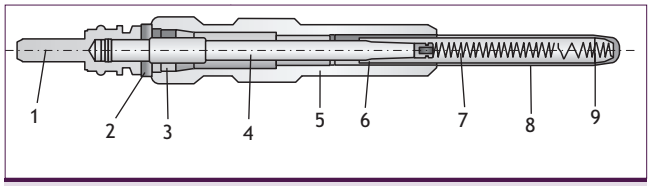
- Altas temperaturas.
- Presiones elevadas.
- Vibraciones.
- La actividad corrosiva de determinados productos químicos.

6.45. Calentador al rojo vivo.

La **fase de precalentamiento** se inicia antes de que el motor se ponga en marcha, justo en el momento de girar la llave de arranque hasta la posición de encendido. Al calentador se le hace pasar una corriente eléctrica que comienza a pasar por el **perno de conexión** y la **espiral reguladora hacia la espiral calentadora.** Esta última puede alcanzar temperaturas de hasta 800 °C. En este momento, la punta del calentador que entra en la cámara de combustión está al rojo vivo (figura 6.45). Mientras, la espiral reguladora mantiene la temperatura estable después del arranque (postcalentamiento). La duración del calentamiento de la punta varía de unos motores a otros según el calentador utilizado.

El sistema de calentamiento suele completarse con un testigo luminoso en el tablero de instrumentos del vehículo.

En algunos vehículos la fase de calentamiento es seguida de una de **postcalentamiento** con el motor en marcha, que intenta evitar la pérdida de calor mientras el motor se está calentando y las irregularidades en la marcha del motor, que son características del arranque en frío (ruidos y emisiones de hidrocarburos). A los calentadores que cuentan con esta fase de postcalentamiento se les llama autorregulados ya que limitan el voltaje que fluye entre la batería y el calentador a medida que sube la temperatura. Es decir, la duración del periodo de postcalentamiento se regula dependiendo de la temperatura del motor.



6.46. Bujía de espiga incandescente.

1 Enchufe de conexión
2 Arandela aislante
3 Junta doble
4 Perno de conexión
5 Cuerpo
6 Junta del cuerpo calefactor
7 Filamento calefactor y regulador
8 Tubo incandescente
9 Polvo de relleno

Los elementos esenciales de los calentadores son (figura 6.46):

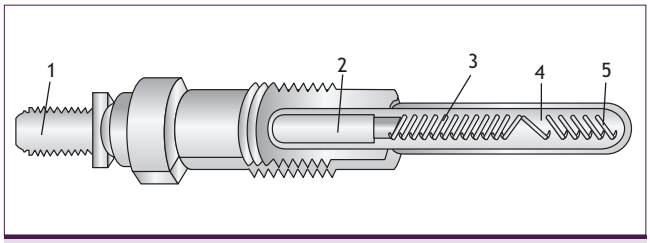
- Cuerpo del calentador.
- Barra o varilla calefactora. En su interior se emplaza la espiral calentadora y reguladora.
- Perno de conexión.

Los calentadores se pueden clasificar según su construcción en:

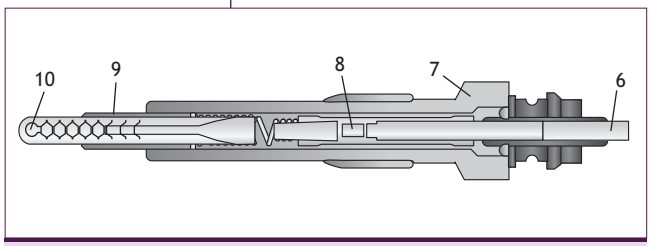
- **Calentadores metálicos.** Sus espirales calentadoras y reguladoras se encuentran encerradas en un tubo incandescente. La parte delantera del tubo incandescente es donde se encuentra la espiral calentadora (zona de calentamiento). La espiral reguladora está en el alma de la parte cercana al perno de conexión. A su vez la punta de incandescencia está aislada eléctricamente mediante polvo de óxido de magnesio (figura 6.47).
- **Calentadores cerámicos.** Incorporan una espiral calentadora especial que posee un punto de fusión elevado. La espiral se encuentra encerrada en un material cerámico a base de nitrito de silicona (figura 6.48).

Temperaturas de los calentadores cerámicos

El uso de revestimiento cerámico y de la espiral reguladora permite que los calentadores cerámicos alcancen temperaturas elevadas empleando tiempos de postcalentamiento de hasta diez minutos.



6.47. Estructura de un calentador metálico autorregulado.



6.48. Estructura de un calentador cerámico autorregulado.

1 Terminal
2 Electrodo central
3 Espiral reguladora
4 Polvo aislante de óxido de magnesio
5 Espiral calentadora
6 Electrodo central
7 Aislador
8 Espiral reguladora
9 Manga metálica
10 Espiral calentadora

El tiempo de calentamiento varía de unos a otros según su construcción. Por ejemplo, el tiempo de calentamiento para un calentador metálico estándar sería de 25 segundos y para uno autorregulador, de 4 segundos.

En cuanto al montaje en el motor, las bujías de preincandescencia o calentadores pueden ir conectadas eléctricamente en **serie o en paralelo** aunque actualmente se usa más la conexión en paralelo de forma que una bujía averiada no afecte al funcionamiento de las otras.

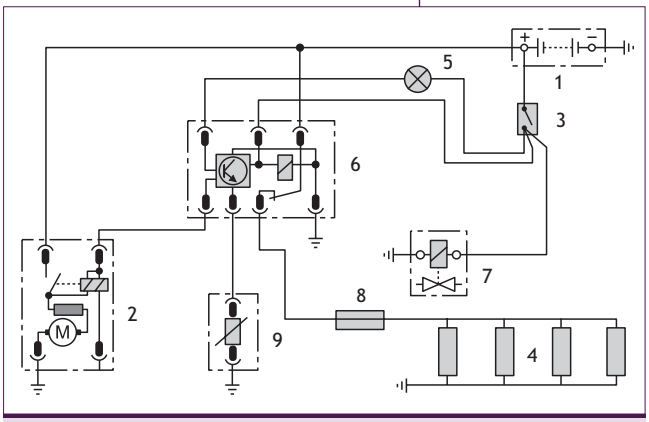
La unidad de mando de precalentamiento está compuesta por un dispositivo electrónico que controla un contactor que permite el paso o no de corriente entre la batería y los precalentadores entre dos de sus terminales (figura 6.49). En la posición de la llave de encendido (3) se inicia el

Aspecto exterior de un calentador

Antes de realizar cualquier comprobación sobre un calentador es necesario asegurarse de que el calentador está perfectamente libre de restos de corrosión, suciedad, aceite o barnices.

periodo de preincandescencia. Esta acción se visualiza por el testigo (5). Una vez apagado el testigo de incandescencia situado en el cuadro de instrumentos, el arranque del motor se puede hacer posible ya que la espiga calefactora está ya lo suficientemente caliente como para provocar una perfecta combustión dentro del cilindro.

Los calentadores (4) son alimentados por el relé en paralelo situado en el interior de la unidad de control (6). Este relé asegura igualmente la temporización del tiempo de precalentamiento en función de la temperatura mediante la sonda (9). Con el motor ya en marcha, la incandescencia que todavía se produce forma parte del periodo de postcalentamiento (según temperatura), cuyos efectos beneficiosos ya han sido mencionados anteriormente.

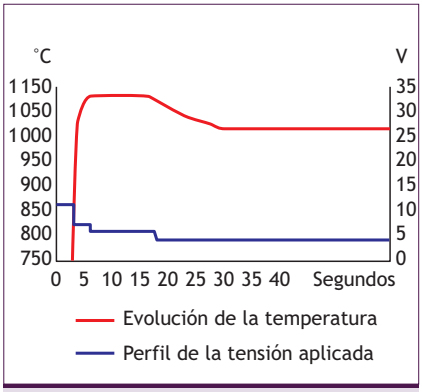


6.49. Principio de conmutación del sistema de precalentamiento.

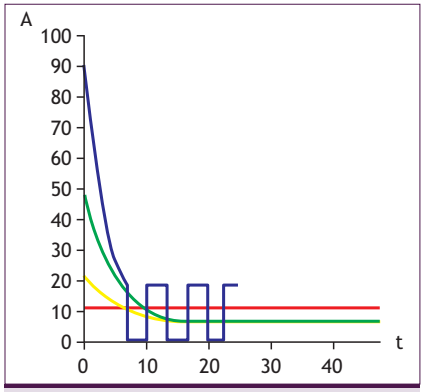
6.50. Unidad de precalentamiento electrónica.

1. Batería
2. Motor de arranque
3. Llave de contacto
4. Calentadores o bujías de preincandescencia
5. Testigo de precalentamiento
6. Unidad de control de calentamiento
7. Electroválvula de STOP de la bomba
8. Fusible
9. Sonda de temperatura

En la figura 6.51 se puede observar la relación que existe entre la temperatura alcanzada y el voltaje suministrado a los calentadores en función del tiempo de precalentamiento y postcalentamiento. En ella se aprecia que en el tiempo de precalentamiento recibe una tensión de 11 V durante unos dos segundos para luego ir decreciendo la tensión hasta alcanzar durante el postcalentamiento una tensión inferior a 4,5 V. Por otra parte, la unidad de control de precalentamiento (figura 6.50) excita las bujías mediante una señal de frecuencia fija y proporción de periodo variable (figura 6.52).



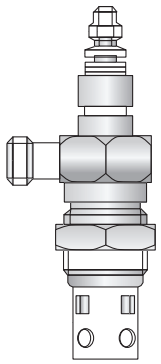
6.51. Relación entre la temperatura y tensión aplicada a los calentadores.



6.52. Relación tiempo-corriente de varios calentadores metálicos.

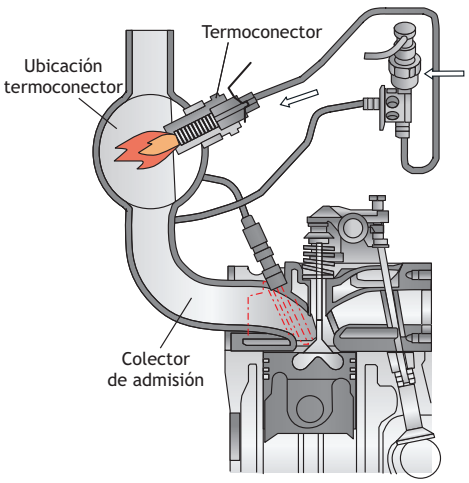
Dispositivo térmico de arranque

Para motores de inyección directa sobrealimentados no se instalan sistemáticamente calentadores en la cámara de combustión, ya que estos motores tienen más facilidad para arrancar en condiciones adversas de temperatura. Pero sí pueden instalar un sistema que realice una acción de calentamiento del aire en el colector de admisión mediante el **quemado de una cierta cantidad de gasóleo en el colector de aspiración.** Para ello se utiliza un **termoconector** (figura 6.53) fijado en el colector de aspiración que es controlado por la centralita electrónica para realizar las funciones de pre y postcalentamiento (figura 6.54), en función de la temperatura de referencia (temperatura exterior, o bien del líquido refrigerante del motor).



6.53. Termoconector para motores de inyección directa.

Su funcionamiento se basa en que la bomba de alimentación de combustible del sistema de inyección conduce el combustible a través de una electroválvula a la bujía de precalentamiento. En la boquilla de conexión de la bujía de precalentamiento se encuentra un filtro y un dispositivo dosificador. Este dispositivo dosificador deja pasar un caudal de combustible adaptado correspondiente al motor, que se evapora en un tubo vaporizador dispuesto alrededor de la espiga incandescente y que se mezcla entonces con el aire aspirado. La mezcla se inflama en la parte delantera de la bujía de precalentamiento, al entrar en contacto con la espiga incandescente caliente a más de 1 000 °C. Con el motor en marcha, la centralita sigue manteniendo el sistema en funcionamiento durante 30 segundos aproximadamente. Este tiempo se llama tiempo de postcalentamiento y durante el mismo el testigo se enciende con luz intermitente.



6.54. Esquema del dispositivo térmico de arranque.

Técnica

Comprobación de calentadores

•• Cuando se detectan dificultades en el arranque, largos tiempos de precalentamiento o humo blanco de escape, se comprueba el buen funcionamiento de todas las bujías de precalentamiento mediante la realización de las siguientes comprobaciones:

- Hay que **comprobar la resistencia eléctrica** (figura 6.55): 0,9 Ω de un calentador estándar a temperatura normal. La medición se realizará con un multímetro entre el perno de conexión y la tuerca hexagonal del calentador. Se aconseja efectuar este control con bujía de precalentamiento montada en la culata, ya que puede no detectarse la bujía defectuosa si se controla desmontada de su alojamiento al cesar en este último caso el efecto de deformación debido a la presión de montaje.
- **Control de precalentamiento** (figura 6.56). Para controlar el funcionamiento correcto de las bujías con una prueba directa en la batería se unirá el cable positivo al borne con rosca de la bujía y el cable negativo al cuerpo. Si la bujía funciona correctamente, el lápiz, situado en su extremo, debe ponerse rápidamente incandescente comenzando por la punta.

- **Control de la alimentación eléctrica del relé.** Con el terminal de la unidad de precalentamiento desconectado (contacto dado) se mide la tensión entre los bornes 15 y 31 del conector. El valor correcto será de tensión de batería. Si se vuelve a conectar el conector y se mide la tensión entre el borne 30 de la unidad y la masa del vehículo el valor volverá a ser el de tensión de batería. Por otra parte, para la comprobación del calentador sobre motor mediante lámpara de pruebas se actuará como en la figura 6.57.

6.55. Comprobación de la resistencia del calentador.

6.56. Funcionamiento correcto de un calentador con una prueba directa en la batería.

6.57. Comprobación de calentadores mediante lámpara de pruebas.

- **Control del consumo de calentadores.** Se sitúa el polímetro en posición de amperímetro y se mide el consumo total de las bujías de precalentamiento.

>> Casos prácticos

Tiempos de precalentamiento

•• En los motores diésel se pueden encontrar diferentes tipos de calentadores o bujías de precalentamiento, teniendo cada uno de ellos un tiempo de incandescencia distinto y una determinada temperatura de trabajo.

Investiga y anota sobre una tabla los tiempos de precalentamiento y temperaturas que alcanzan los calentadores cerámicos (rápidos y autorregulados) y metálicos (de una y dos espirales).

Solución ••

Tipo de calentador diésel			Tiempo aproximado de precalentamiento
Calentador cerámico	Rápido		3 s a 900 °C
	Autorregulado		4 s a 900 °C
Calentador metálico	Con una espiral	Estándar	20 a 25 s a 800 °C
		Arranque rápido	15 a 17 s a 800 °C 6 s a 900 °C
	Con dos espirales	Arranque rápido	6 s a 900 °C
		Autorregulado	4 s a 900 °C

3.4 > Filtros de aire

El circuito de aspiración del aire en los motores de ciclo diésel es muy parecido al de los motores de ciclo otto, ya que está formado por una serie de conductos, un filtro de aire, un eventual compresor para la sobrealimentación (con o sin intercambiador de calor) y un colector de admisión.

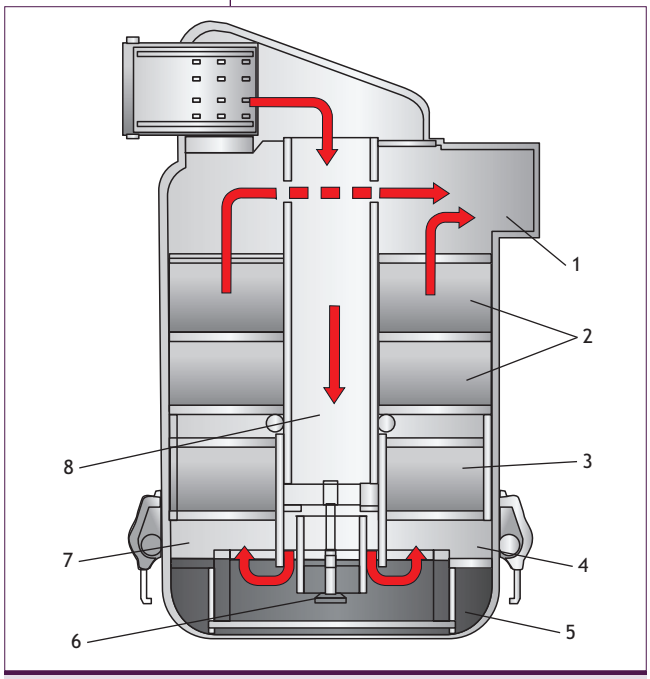
Los filtros de aire retienen las impurezas contenidas en el aire aspirado por el motor, disminuyendo el desgaste de los órganos internos del motor. Si el polvo o cualquier otra impureza contenida en el aire aspirado por el motor consigue entrar en el motor, se depositaría en las paredes de las camisas y se mezclaría con la mezcla aspirada, actuando como un abrasivo y desgastando rápidamente las distintas partes del motor.

La diferencia principal respecto al sistema de los motores de ciclo otto es que no existe la mariposa de gases, ya que en los motores diésel la regulación rpm/carga únicamente varía en función de la cantidad de combustible inyectado.

En las versiones más recientes, el sistema de aspiración del aire está dotado de **sensores de medición** de las características del aire aspirado (caudal y temperatura, por ejemplo) para que la centralita electrónica de mando pueda calcular los parámetros de inyección, del mismo modo que en los sistemas de inyección de gasolina electrónicos ya vistos.

Los tipos de elemento filtrante que se utilizan actualmente son **el filtro seco a base de papel o filtros de malla metálica** (figura 6.58) para turismos y **filtro en baño de aceite** (figura 6.59), utilizado en vehículos industriales y en los automóviles destinados a circular en zonas muy polvorientas.

6.58. Cartucho filtrante de aire.



6.59. Filtro de aire bañado en aceite.

1. Salida de aire filtrado
2. Elemento filtrante superior fijo
3. Elemento filtrante inferior móvil
4. Ganchos de fijación cuerpo-recipiente
5. Recipiente del aceite
6. Tornillo de sujeción del elemento filtrante inferior
7. Nivel de aceite
8. Conducto de entrada del aire

3.5 > Tuberías

Dentro del circuito de inyección diésel existen dos tipos de tuberías, encargándose ambas de conducir el gasóleo a las distintas partes del sistema de inyección, siendo estas:

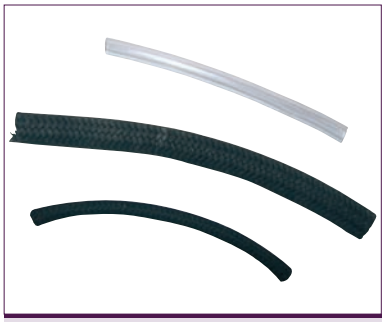
- De baja presión.
- De alta presión.

Tuberías de baja presión

Las tuberías de baja presión transportan el gasóleo desde el depósito a la bomba de inyección diésel.

Estas deben reunir las siguientes características:

- Deben aguantar las propiedades del gasóleo sin sufrir deformaciones.
- Deben adaptarse a los distintos tipos de uniones de los componentes del sistema de inyección: bomba de alimentación, filtros, etc.



6.60. Tuberías de baja presión.

6.61. Tuberías de alta presión.

Hasta hace unos años, los tubos de cobre eran los más utilizados. Como este material reacciona con ciertos compuestos sulfúricos del combustible diésel formando depósitos grasos, los tubos de cobre son cada vez menos utilizados, siendo sustituidos por los tubos de plástico flexible o de acero y manguitos de caucho sintético flexible (figura 6.60).

Tuberías de alta presión

Las tuberías de alta presión transportan el combustible desde la bomba de inyección a los inyectores (figura 6.61).

Las tuberías de alta presión suelen ser muy sofisticadas y están elaboradas con materiales de alta calidad. Deben poseer las siguientes características:

- **Propiedades mecánicas.** Las tuberías deben presentar alta resistencia a las presiones pulsantes y a la ruptura por fatiga. A cada onda de presión siguiente al inicio del envío de combustible, le siguen otros diversos ciclos de onda de retorno provocados por el cierre repentino de los inyectores.
- **Espesor de las paredes.** Las paredes de estos tubos son de un pequeño diámetro interior pero con una pared muy gruesa. Normalmente el diámetro externo es de 6 mm y el interno de 2 mm. El diámetro es pequeño para reducir el volumen del combustible contenido en el tubo, que está sometido al efecto de la compresión. Las paredes gruesas se utilizan para evitar pulsaciones elásticas que pueden alterar la inyección por su frecuencia. Se pretende evitar, por tanto, que el inyector, a pesar de recibir el combustible de la bomba en cantidades constantes y con impulsos regulares, lo pulverice en cantidades distintas y con impulsos irregulares.
- **Longitud.** Lo más normal es encontrar los tubos de alta presión de un mismo motor exactamente con la misma longitud, con el objetivo de asegurar la uniformidad en el envío de gasóleo, pero en los motores modernos los progresos de la inyección y los elevados regímenes de rotación provocan que tal aspecto no tenga importancia, por lo que pueden existir tubos de longitudes diferentes.
- **Pulido y limpieza interna.** La superficie interna debe ser pulida y exenta de astillas metálicas.
- **Forma y plegadura.** Los tubos se disponen de forma completa plegados, perfilados y abrazados.

En la actualidad se está imponiendo el **tubo multicapas** con características superiores al tradicional. El tubo multicapa está compuesto por tres estados de metal envueltos el uno sobre el otro y soldados en el horno, formando una estructura envuelta que confiere al tubo una gran resistencia a la ruptura.

Se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones sobre los tubos:

- Los tubos deteriorados deben sustituirse por tubos de recambio idénticos.
- La sección de paso del conducto debe ser constante, sin defectos ni impurezas.
- El radio máximo de una curva en un tubo de presión no debe ser inferior a 50 mm.
- El diámetro interior de todos los tubos debe ser controlado.

Consecuencias de un defectuoso filtrado del aire

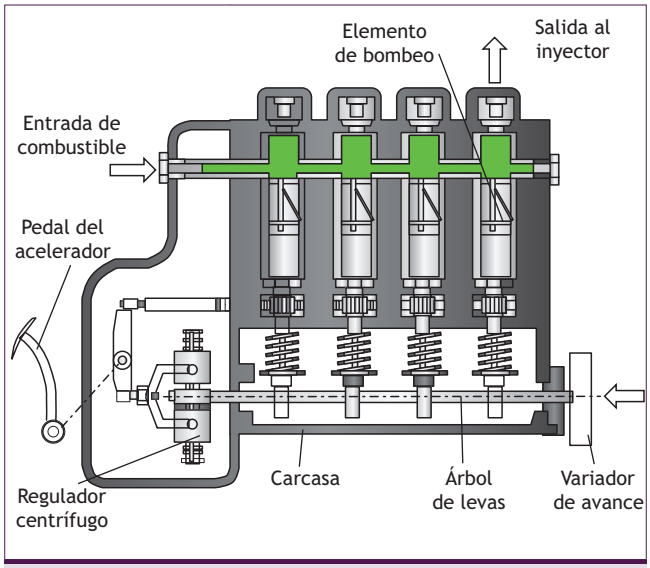
Un filtro de aire roto o ausente origina un desgaste prematuro de las piezas en movimiento (pistones, cilindros). Si el filtro se encuentra lleno de impurezas, la llegada de aire es defectuosa, lo que impide una combustión normal (consumo de combustible más elevado y falta de potencia).

4 >> Bomba de inyección lineal

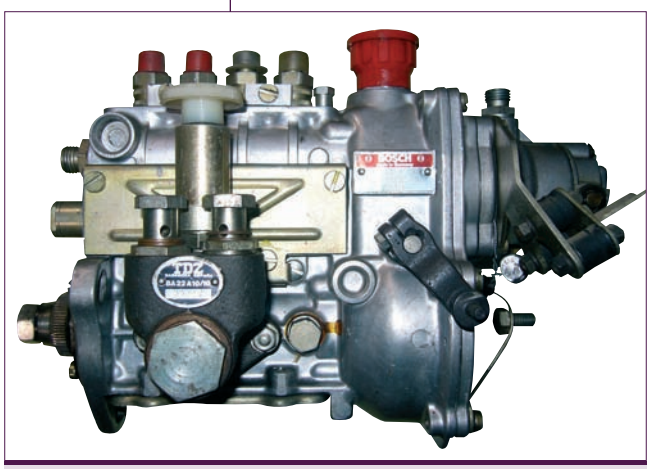
Una de las bombas más montadas por los vehículos ha sido la de tipo PE de la casa BOSCH (figuras 6.62 y 6.63). Estas son de constitución robusta y de gran fiabilidad mecánica, pero tienen inconvenientes, como su gran tamaño y peso. En esta unidad se explica extensamente cada una de las partes de esta bomba.

La función principal de los componentes del sistema de inyección son:

- **Bomba de alimentación.** Asegura que la bomba de inyección disponga en cualquier momento del combustible necesario.
- **Filtro de combustible.** Protege a la bomba de inyección y al motor.
- **Bomba de inyección.** Es el núcleo de la instalación de inyección. Genera la presión necesaria para la inyección.
- **Regulador de inyección.** Controla el número de revoluciones del motor.
- **Variador de avance.** Influye sobre el comienzo de inyección de combustible en los cilindros del motor según el número de revoluciones.



6.62. Aspecto interior de una bomba lineal.



6.63. Aspecto exterior de una bomba lineal.

4.1 > Circuito de combustible

La instalación del circuito de combustible de inyección diésel con bomba lineal (figura 6.64) está formada por un depósito de combustible (1), bomba de alimentación (2), filtro de combustible (3), bomba de inyección (4), variador de avance (8), regulador de revoluciones (7), inyector (5) y válvula de descarga (6).

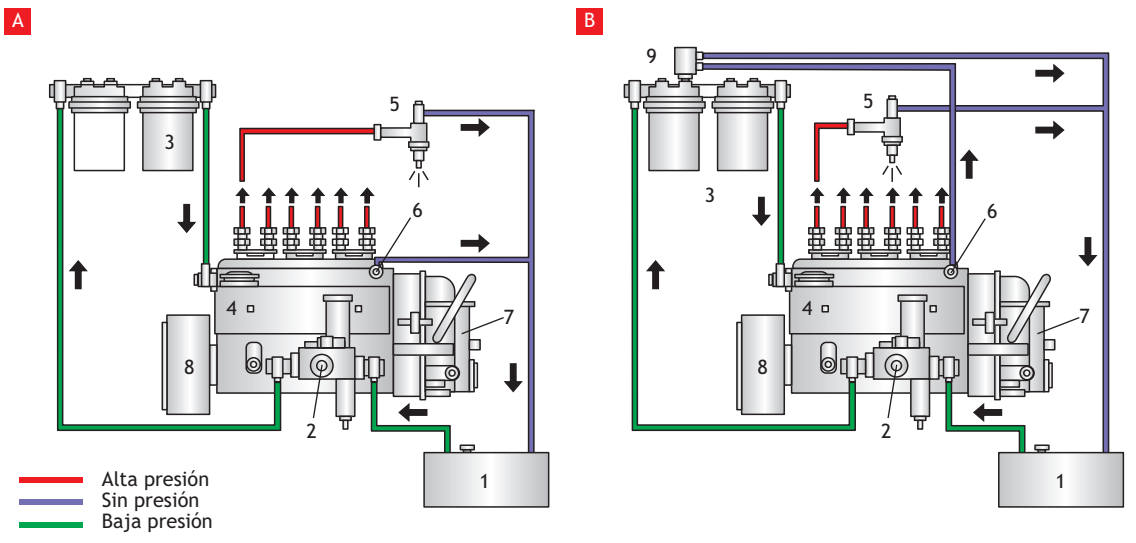
El depósito de combustible consta de una boca de llenado y de un tamiz de tela metálica, que obstaculiza la entrada al depósito de grandes impurezas que pueda contener el combustible. La bomba de alimentación aspira el combustible del depósito y lo envía a baja presión hasta la bomba de inyección a una presión que oscila entre 1 y 2 bar. El combustible sobrante tiene salida a través de la válvula de descarga situada en la bomba de inyección o en el filtro, retornando al depósito. Esta válvula de descarga controla la presión del combustible en el circuito.

En vehículos donde la distancia y la altura del depósito con respecto a la bomba de inyección estén muy alejados, se instala una bomba de alimentación (2). Normalmente esta bomba se encuentra acoplada a la bomba de inyección.

En los circuitos donde el filtro de combustible se encuentra situado muy próximo al motor, se corre el peligro de que se puedan formar burbujas de gas dentro de las tuberías. Para evitar esto se instala una válvula de des-

Historia de la bomba de inyección lineal

En 1927 las primeras bombas de inyección salieron de un centro de producción BOSCH.



6.64. Sistema de alimentación de una instalación con bomba lineal.

A Sistema con válvula de descarga en la bomba de inyección

B Sistema con estrangulador de descarga adicional en el filtro de combustible

1 Depósito de combustible

2 Bomba de alimentación

3 Filtro de combustible

4 Bomba de inyección

5 Inyector

6 Válvula de descarga

7 Regulador

8 Variador de avance

9 Válvula de descarga sobre filtro

carga en la zona de alimentación o admisión de la bomba. Con este sistema se consigue que el combustible sobrante regrese al depósito de combustible a través de la válvula de descarga (6) y de la tubería de retorno (figura 6.64.A).

Otro circuito utilizado es el representado en la figura 6.64.B. Al existir una temperatura muy elevada en el vano del motor, se instala una **válvula de descarga en la parte superior del filtro** (9) a través de la cual una parte del combustible retorna al depósito del mismo durante el funcionamiento, arrastrando eventuales burbujas. A su vez, las burbujas que se dan en la cámara de la bomba de inyección son eliminadas a través de la tubería de retorno.

En ambos circuitos se instalan unas pequeñas tuberías de sobrante de inyección conectadas de un inyector a otro, de las cuales la última de ellas desemboca en la tubería de retorno al depósito de combustible.

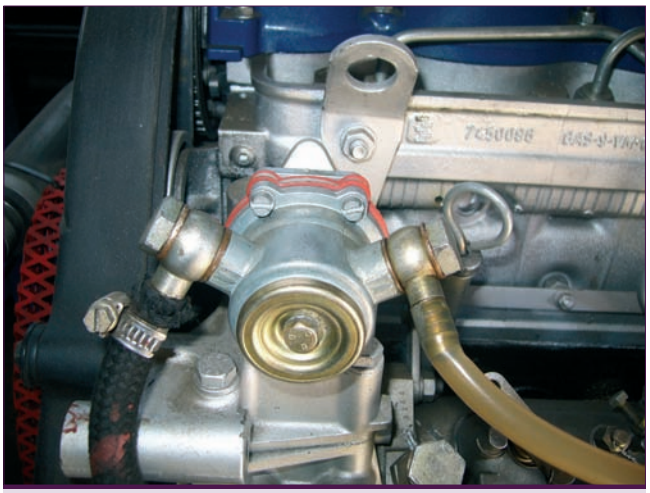
Bomba de alimentación

> **La bomba de alimentación es la encargada de aspirar e impulsar el combustible desde el depósito de combustible a la cámara de admisión de la bomba de inyección (baja presión) a una presión de aproximadamente 1 ó 2 bar, en cantidad bastante superior a la cantidad que se enviará luego a los cilindros.**

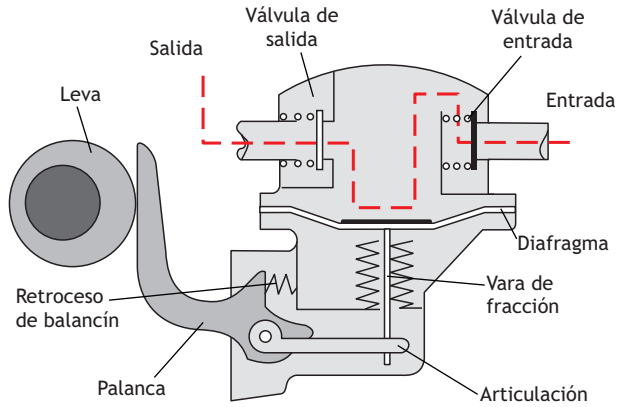
El excedente de combustible permite asegurar la refrigeración y la lubricación interna de los elementos mecánicos de la bomba de inyección. Generalmente estas bombas son de accionamiento mecánico, y pueden ser de diafragma o de émbolo.

- **Bomba de alimentación de diafragma.** También son denominadas bombas de membrana. Son parecidas a las bombas de los motores de gasolina. Pueden ir acopladas a la bomba de inyección o al bloque

motor. En este último caso recibe movimiento y es accionada por la excéntrica del árbol de levas del motor (figura 6.65). El combustible es aspirado por medio del diafragma elástico del depósito y es enviado a la bomba de inyección. También disponen de un palanca manual de purgado (figura 6.66).



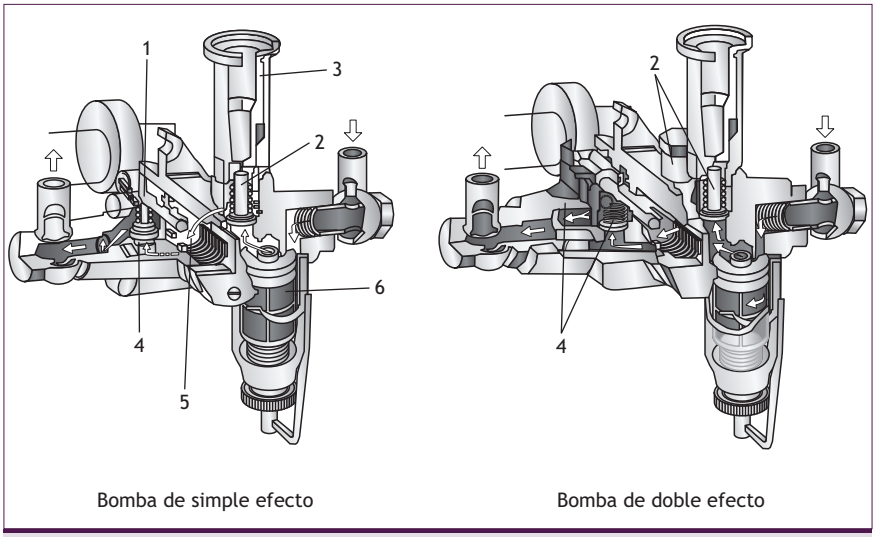
6.65. Ubicación de la bomba de combustible de diafragma en el motor.



6.66. Sección de bomba de combustible de diafragma.

– **Bomba de alimentación de émbolo.** Va fijada generalmente a la bomba de inyección. Su accionamiento se realiza por medio de una excéntrica situada en el árbol de levas de la bomba de inyección (figura 6.67). Además la bomba puede llevar incorporado un cebador o bomba manual que sirve para llenar y purgar el lado de admisión del sistema de inyección para la puesta en servicio o una vez que se han realizado operaciones de mantenimiento.
Existen bombas de alimentación de simple y de doble efecto (figura 6.68).

6.67. Bomba de alimentación de émbolo.



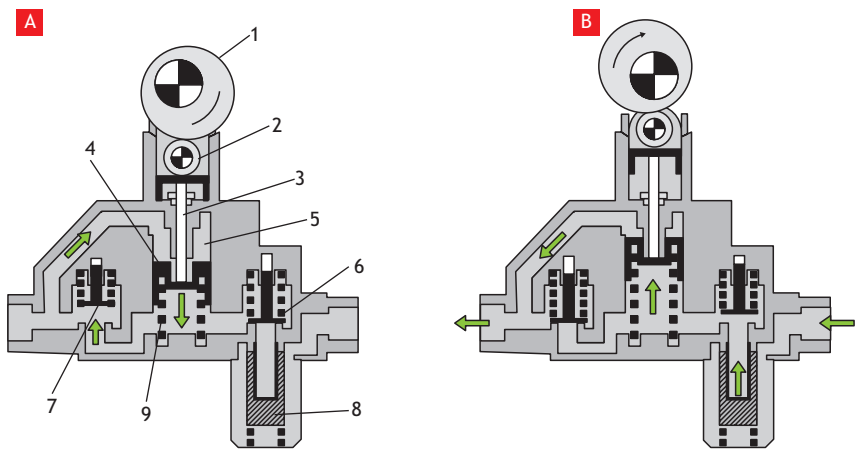
6.68. Bombas de alimentación de combustible de simple y doble efecto.

1 Perno de presión
2 Válvula de retención (lado admisión)
3 Cebado a bomba manual
4 Válvula de retención (lado alimentación)
5 Émbolo
6 Prepurificador

Bomba de alimentación de simple efecto

Está formada por dos cámaras (figura 6.69): una de aspiración y otra de presión, separadas por un émbolo móvil (4). El émbolo es empujado por una leva excéntrica (1) a través del impulsor de rodillo (2) y un perno de presión (3). Durante la carrera intermedia, el combustible se introduce en la cámara de presión (5) a través de la válvula de retención (7) instalada en el lado de la alimentación. Durante la carrera de admisión y alimentación, el combustible es impulsado desde la cámara de presión hacia la bomba de inyección por el émbolo que retrocede por efecto de la fuerza del muelle (9). Al mismo tiempo, la bomba de alimentación aspira también combustible desde el depósito del mismo, haciéndolo pasar por un prepurificador (8) y por la válvula de retención del lado de admisión (6).
Si la presión en la tubería de alimentación sobrepasa un determinado valor, la fuerza del muelle del émbolo (9) deja de ser suficiente para que se realice una carrera de trabajo completa. Con esto se reduce el caudal de alimentación, pudiendo llegar a hacerse cero si la presión sigue aumentando. De este modo, la bomba de alimentación protege el filtro de combustible contra presiones excesivas.

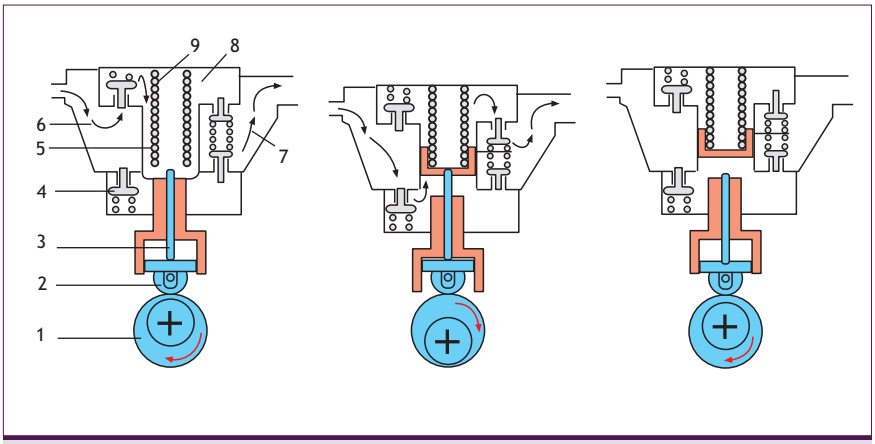
A Carrera intermedia
B Carrera de admisión y alimentación
1 Leva excéntrica
2 Impulsor de rodillo
3 Perno de presión
4 Émbolo
5 Cámara de presión
6 Válvula de retención (lado admisión)
7 Válvula de retención (lado alimentación)
8 Prepurificador
9 Muelle



6.69. Funcionamiento de la bomba de alimentación de simple efecto.

Bomba de alimentación de doble efecto

Esta bomba cuenta con dos válvulas de retención adicionales que convierten la cámara de admisión y la cámara de presión de la bomba de alimentación de simple efecto en una cámara de admisión y de presión combinadas, es decir, al mismo tiempo que hace la admisión, hace también la alimentación (figura 6.70). La bomba no realiza carrera intermedia. A cada carrera de la bomba de alimentación de doble efecto, el combustible es aspirado a una cámara, siendo impulsado simultáneamente desde la otra cámara hacia la bomba de inyección. Por lo tanto, cada carrera es al mismo tiempo de alimentación y de admisión. Al contrario de lo que ocurre en la bomba de simple efecto, el caudal de alimentación nunca puede hacerse cero. Por lo tanto, en la tubería de impulsión o en el filtro de combustible tiene que preverse una válvula de descarga a través de la cual pueda retornar al depósito el exceso de combustible bombeado.



1 Excéntrica
2 Rodillo
3 Varilla
4 Válvula
5 Pistón
6 Cámara de admisión
7 Cámara de impulsión
8 Cámaras intermedias
9 Muelle
A Primera fase de aspiración e impulsión
B Segunda fase de aspiración e impulsión
C Fase autorreguladora

6.70. Fases de funcionamiento de la bomba de alimentación de doble efecto.

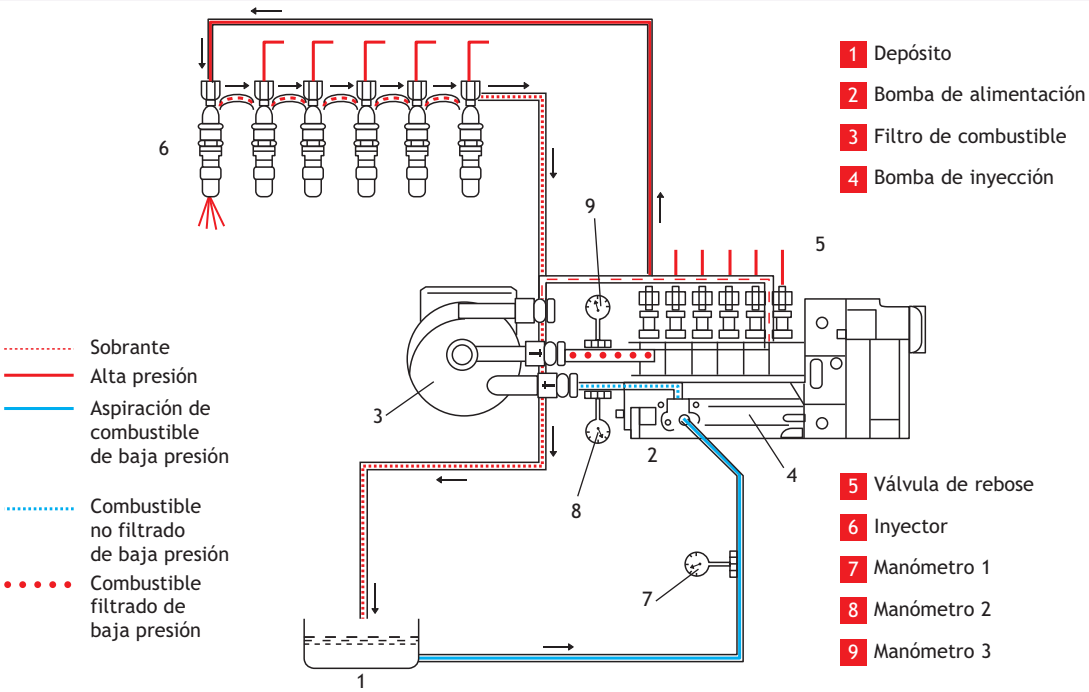
>> Casos prácticos

Comprobación del circuito de alimentación de combustible

•• Realiza las comprobaciones necesarias para valorar el estado del circuito de alimentación de carburante de un motor diésel.

A la hora de realizar las siguientes comprobaciones te puedes apoyar en la figura 6.71.

Solución ••



1 Depósito
2 Bomba de alimentación
3 Filtro de combustible
4 Bomba de inyección
5 Válvula de rebose
6 Inyector
7 Manómetro 1
8 Manómetro 2
9 Manómetro 3

6.71. Sistema de alimentación diésel. Comprobaciones.

Técnica

Comprobación de la bomba de alimentación

- Situar un manómetro-vacuómetro (con escala 5-0-5) entre la bomba de alimentación y el depósito de combustible con el fin de comprobar la depresión de aspiración de la bomba de alimentación (manómetro 1).
- Eliminar las burbujas de aire que pueda contener el circuito mediante la apertura de los tornillos de purgado correspondientes y el cebado manual de la bomba.
- Con el motor en marcha y a 3 000 rpm, comprobar que en el circuito no existen restos de burbujas de aire.
- Con el motor en ralentí estrangular la tubería entre el manómetro y el depósito de combustible por medio de una pinza de estrangulación (figura 6.72), y comprobar que el manómetro muestra una depresión de 0,2-0,4 bar. De no ser así, el prefiltro puede estar sucio o la bomba de alimentación está trabajando de forma defectuosa.

6.72. Pinzas de estrangulación.

- Comprobar la presión de bombeo de la bomba y el estado del filtro principal. Para ello se instala el manómetro de presión a la salida de la bomba de alimentación (manómetro 2).
- Purgar el circuito de la forma en que se realizó anteriormente.
- Con el motor en marcha y a 3 000 rpm, la presión que debe marcar el manómetro debe ser de aproximadamente 0,2-0,3 bar superior a la marcada después del filtro principal.
- Si la presión es mucho más elevada, indica que el filtro se encuentra sucio.
- Por el contrario, si la presión es inferior pueden existir problemas de estanqueidad en la propia bomba de alimentación, burbujas en las canalizaciones o fugas en las mismas.

Comprobación de la presión de alimentación

- Situar un manómetro de presión (manómetro 3) a la entrada de combustible de la bomba de alimentación.
- Eliminar mediante la apertura de los tornillos de purgado correspondientes y el cebado manual de la bomba las burbujas de aire que pueda contener el circuito.
- Con el motor en marcha y en regímenes de ralentí y 3 000 rpm, comprobar que la presión en el manómetro se mantiene en 2,2 bar aproximadamente.
- Si la lectura en el manómetro alcanzase los 3 bar, comprobar si existe algún punto estrangulado en las tuberías de retorno del filtro al depósito. Si el retorno estuviera en perfecto estado, desmontar la válvula de rebose del filtro y tararlo convenientemente insertando arandelas de mayor espesor con el fin de disminuir la presión del resorte.
- En caso de que la presión sea inferior a los 2,2 bar, se comprimirá la canalización desde el manómetro a la bomba de inyección. En esta situación y a 3 000 rpm el manómetro deberá marcar una presión superior a los 2,2 bar, en torno a 2,5 bar.
- Si en el paso anterior se siguiera sin alcanzar los 2,2 bar, comprobar el estado del filtro, bomba de alimentación y fugas en las canalizaciones.

Técnica

Control del caudal de la bomba de alimentación

- Para medir el volumen del caudal de presión de la bomba de alimentación, desconectar el tubo de presión de la bomba de alimentación.
- Unir en su lugar un tubo flexible de prueba y colgar su extremo en una probeta graduada.
- Mantener la palanca de stop de la bomba en posición de parada, alimentar directamente el borne de excitación del relé del motor de arranque y accionar el motor de arranque durante aproximadamente 30 segundos.
- El volumen de caudal de presión debe ser superior a 150 cm^3.
- Si el volumen de combustible no se ha alcanzado, desmontar la bomba de alimentación y revisar el estado de las válvulas internas por el lado de aspiración y por el lado de presión.
- Si la bomba está en regla, revisar el conducto de alimentación desde el prefiltro y revisar igualmente el prefiltro y el depósito.

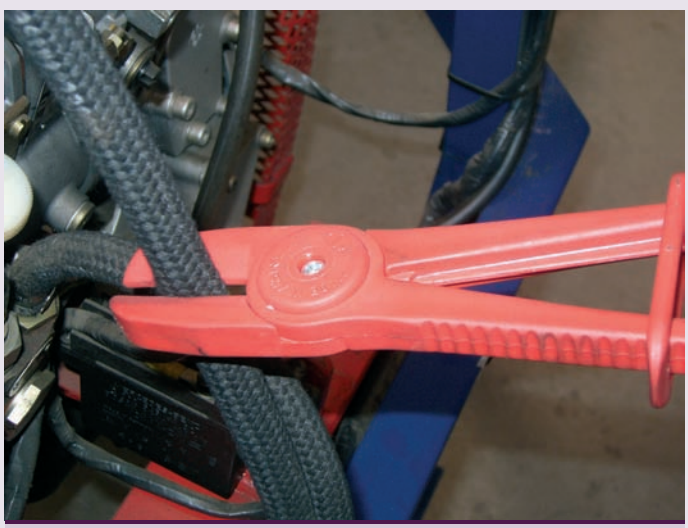
Control del filtro de carburante

- Desconectar primero el racor de llegada de combustible a la altura del filtro y conectar el manómetro en paralelo con ayuda de un racor. Poner en marcha el motor y anotar el valor de la presión en régimen de ralentí. El valor mínimo será de 0,7 bar y el máximo de 0,9 bar. Si la presión queda fuera de los valores, controlar la bomba de alimentación.
- Conectar el racor y con el motor en marcha medir la presión obtenida al ralentí. Valor mínimo 0,6 bar y valor máximo 0,8 bar.

Si la diferencia entre los dos valores anotados (entrada y salida del filtro) es superior a 0,1 bar, el cartucho filtrante estará defectuoso.

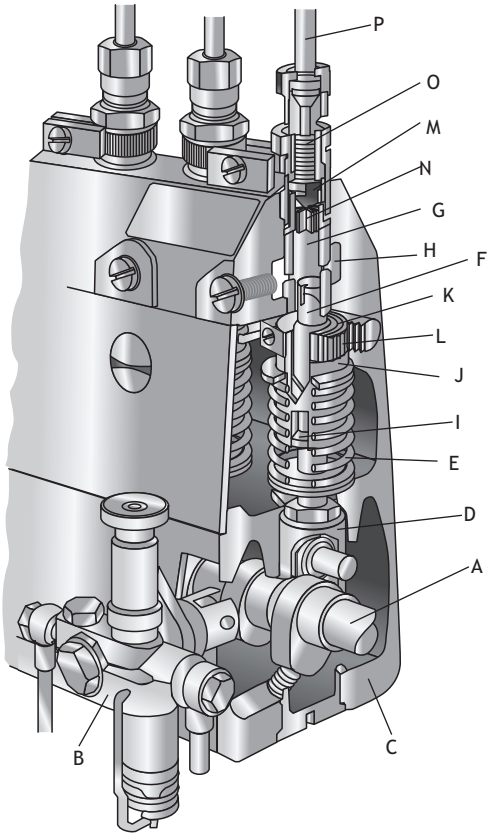
Control de la estanqueidad del circuito

- Poner en marcha el motor y dejarlo al ralentí durante algunos minutos para purgar el circuito.
- Proteger la parte eléctrica de posibles salpicaduras de carburante durante la realización de las diferentes pruebas.
- Parar el motor y desconectar el conducto de retorno de la bomba de inyección.
- Unir el extremo del tubo de una bomba manual de presión al tubo de retorno de la bomba de inyección.
- Obturar, con unas pinzas adecuadas, el conducto de alimentación de la bomba de inyección en la salida del depósito (figura 6.73).
- Crear una presión con la bomba manual de aproximadamente 1 bar.
- Si la presión cae rápidamente sobre el reloj de la bomba manual, buscar las pérdidas del circuito.
- Para poder localizar con mayor facilidad la pérdida o perdidas, desplazar las pinzas a lo largo del circuito.



6.73. Forma de obturar el conducto de alimentación de combustible.

A Árbol de levas
B Bomba de alimentación
C Cárter inferior
D Impulsor o rodillo
E Muelle
F Émbolo
G Cilindro



6.74. Bomba lineal BOSCH.

H Cámara de admisión
I Saliente
J Manguito cilíndrico
K Corona dentada
L Cremallera
M Válvula de retención
N Asiento de válvula
O Muelle
P Canalización hacia el inyector

4.2 > Estudio de la bomba lineal BOSCH

Para una preparación de la mezcla, el combustible debe ser inyectado, en función del procedimiento de combustión, a una presión muy alta. Para ello, la bomba de inyección en línea dispone de una serie de **elementos de bombeo de pistón,** cuyo número es equivalente al número de cilindros del motor, reunidos en un grupo único.

Estructura de una bomba lineal

En la figura 6.74 se puede observar cada uno de los componentes de los que consta una bomba de inyección lineal de carrera constante. El orden de inyección corre a cargo del **árbol de levas** (A), con tantas levas como cilindros el motor, que es impulsado por medio del sistema de distribución del motor, girando el mismo a la mitad de revoluciones que el cigüeñal. En un lateral de la bomba se sitúa la **bomba de alimentación** (B), que recibe movimiento de una excéntrica labrada en el árbol de levas.

En contacto con el árbol de levas (en su parte superior) se encuentra el taqué o **impulsor de rodillo** (D) que, por medio de un rodillo, se aplica contra la leva, obligado por el muelle (E). El taqué, a su vez, da movimiento al émbolo (F), que se desplaza en el interior del cilindro (G).

Los elementos de bomba se encuentran en línea en número igual al de cilindros del motor y constan de cilindro de bomba y émbolo de bomba. Con el desplazamiento del elemento de la bomba se regula el comienzo de la inyección y la dosificación del combustible, produciéndose el movimiento ascendente de suministro por el árbol de levas y descendente por el efecto de retroceso del muelle del émbolo.

El cilindro de bomba puede tener uno o dos orificios de entrada llamados lumbreras que se comunican con la cámara de admisión (H) de combustible de la bomba de inyección. Además del movimiento de subida y bajada del pistón, este puede girar un cierto ángulo sobre su eje vertical, ya que en la parte inferior tiene un saliente (I) que encaja con el manguito cilíndrico (J), que a su vez rodea el cilindro (G) y que, en su parte superior, lleva adosada la corona dentada (K), que engrana con la barra cremallera (L) en contacto con el pedal del acelerador. El movimiento de la cremallera de control hace girar a la corona dentada, quien comunica su giro al pistón por medio del manguito cilíndrico y el saliente de la parte inferior del pistón.

En la parte superior del elemento de bombeo se sitúa una válvula (M) llamada de retención, que se mantiene aplicada contra su asiento (N) por la acción del muelle (O).

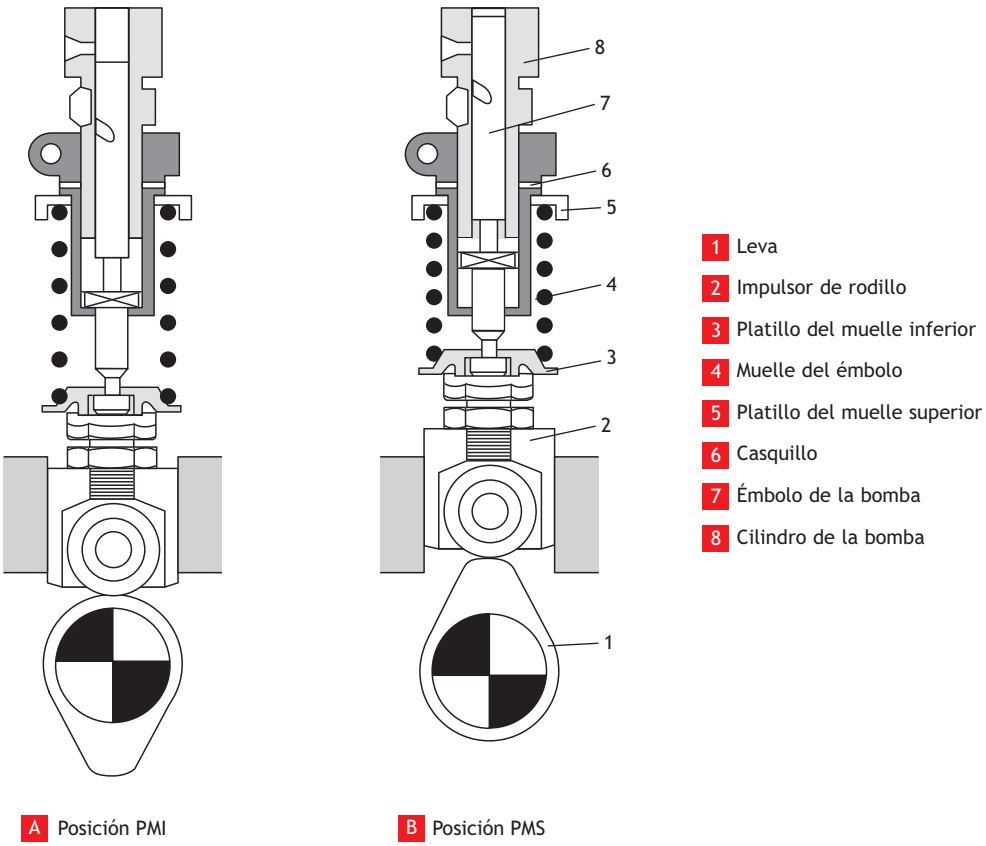
Cuando la leva presenta su saliente al impulsor (D) este, a su vez, acciona el émbolo (F) haciéndole subir, con lo cual quedan tapadas las lum-

breras del cilindro que lo comunican con la canalización, a la que llega el combustible. En estas condiciones, el combustible encerrado en el cilindro es comprimido por el pistón, alcanzándose una determinada presión en el cilindro que provoca la apertura de la válvula (M), venciendo la acción del muelle (O), en cuyo momento sale por ella el combustible hacia el inyector del cilindro correspondiente a través de la canalización (P).

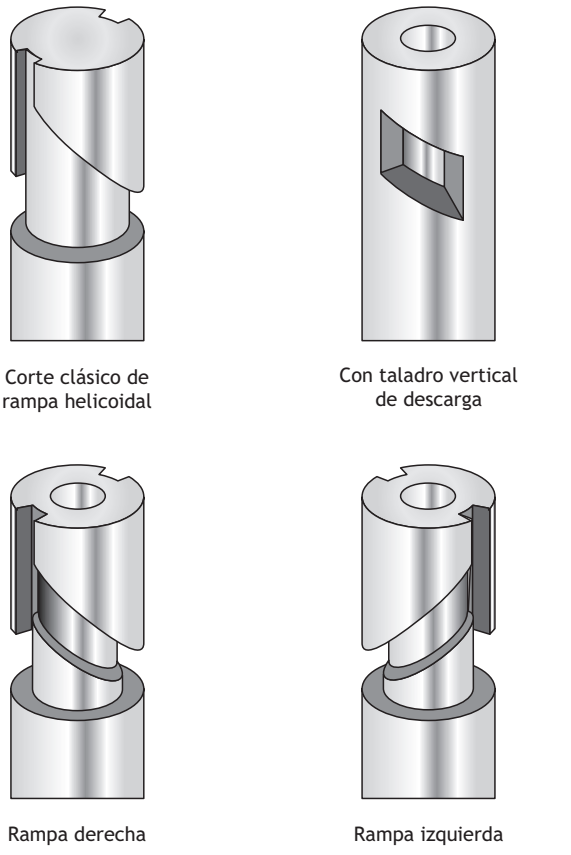
Cuando ha pasado el saliente de la leva, el impulsor baja por la acción del muelle, haciendo bajar a su vez el émbolo, que vuelve a ocupar la posición representada en la figura 6.75.A, permitiendo el llenado del cilindro con nuevo combustible a través de sus aberturas laterales.

La válvula, mientras tanto, ha bajado cortando la comunicación del cilindro y la válvula es empujada por el muelle. Como puede verse, la carrera del pistón es constante.

El desplazamiento del pistón hasta su PMS (figura 6.75.B) es provocado por la leva (1), mientras que el desplazamiento hasta el PMI del impulsor de rodillo (2) corre a cargo del muelle del émbolo (4). Hacia la mitad del cuerpo de la bomba hay unos alojamientos de deslizamiento de los empujadores de rodillo, con tornillo de reglaje y tuerca de bloqueo.



6.75. Posiciones del elemento de bombeo.



6.76. Diferentes formas de la cabeza del pistón o émbolo.

Elementos de bombeo

Los elementos de bombeo están formados por un pistón y un cilindro de bomba. El pistón de bomba se habrá adaptado al cilindro de un modo tan ajustado que sigue hermetizado incluso a altas presiones y a un número de revoluciones bajo, sin que sean necesarios otros elementos de obturación adicionales.

El émbolo de bomba más común suele presentar en su parte inferior un rebaje circular que comunica con la cara superior del pistón por medio de una rampa helicoidal y una ranura vertical. La rampa sesgada que así se forma en la pared del émbolo es conocida también como borde de distribución.

En la figura 6.76 se pueden observar diferentes variantes de cabeza de pistón o émbolo, con el fin de satisfacer exigencias especiales como reducción de ruidos, descontaminación de gases de escape o mejora del arranque en frío. Estos últimos cuentan con un rebaje especial en su borde superior (figura 6.77) y tienen la particularidad de retrasar el comienzo de la alimentación en torno a 5-10 grados. La utilización de un pistón u otro depende de las exigencias del motor.

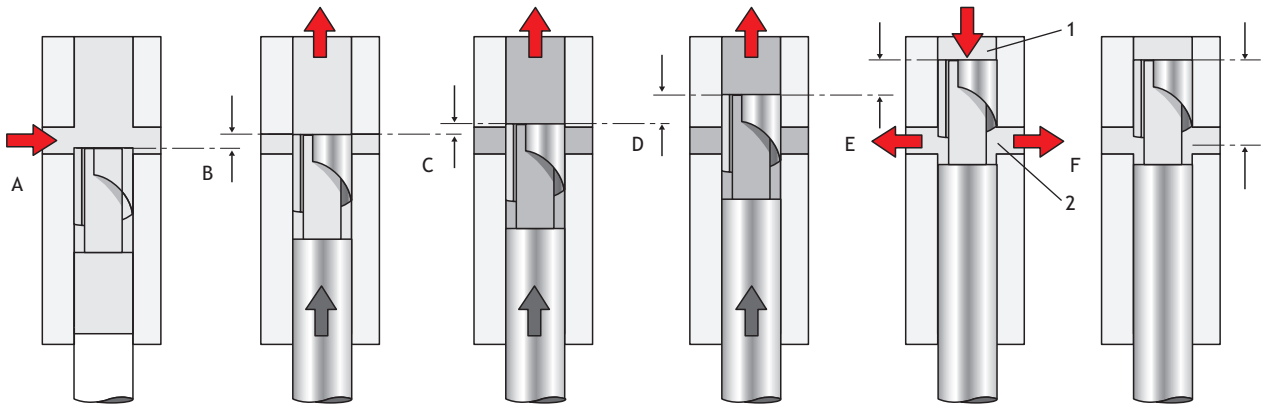
Debido al ajuste exacto entre el pistón y el cilindro, solo es posible la sustitución de elementos de bomba completos.

6.77. Elemento de bombeo con rebaje en borde superior.

Dosificación de combustible

La impulsión del combustible por las bombas de inyección en línea se compone de varias fases (figura 6.78):

- **Fase A.** Al descender el pistón hasta el PMI el combustible fluye desde la cámara de admisión de la bomba de inyección a la cámara de presión del elemento de bombeo. La depresión creada en el descenso facilita la entrada de combustible.
- **Fase B.** Al subir el émbolo, este cierra las lumbreras desde la cámara de admisión a la cámara de alta presión.
- **Fase C.** Se incrementa la presión de combustible al seguir subiendo el pistón. Con ello, la válvula de presión se levanta un poco de su asiento, sin llegar a abrir totalmente.
- **Fase D.** Siguiendo en la carrera ascendente del pistón este crea una presión que abre ahora completamente la válvula de presión y el combustible fluye por la tubería de impulsión hasta los inyectores.
- **Fase E.** La fase de inyección termina cuando la rampa sesgada del émbolo de la bomba deja libre la lumbrera de mando o de entrada. Ahora el combustible es devuelto a la cámara de admisión a través de la comunicación existente en forma de ranura vertical entre la cámara de presión (1) y la cámara de admisión (2), teniendo esto lugar durante el movimiento que el émbolo realiza hasta el PMS, al que se conoce como carrera residual.



A Inicio de la carrera: pistón en el PMI
B Carrera de vacío
C Inicio del envío: corresponde a la apertura de la válvula de envío
D Carrera de envío (inyección)
E Carrera residual en vacío: pistón en el PMS
F Carrera total

1 Cámara de presión
2 Cámara de admisión

6.78. Fases de la dosificación de combustible.

– **Fase F.** En esta fase se puede comprobar la carrera total constante del elemento de bombeo.

Variación del caudal de inyección

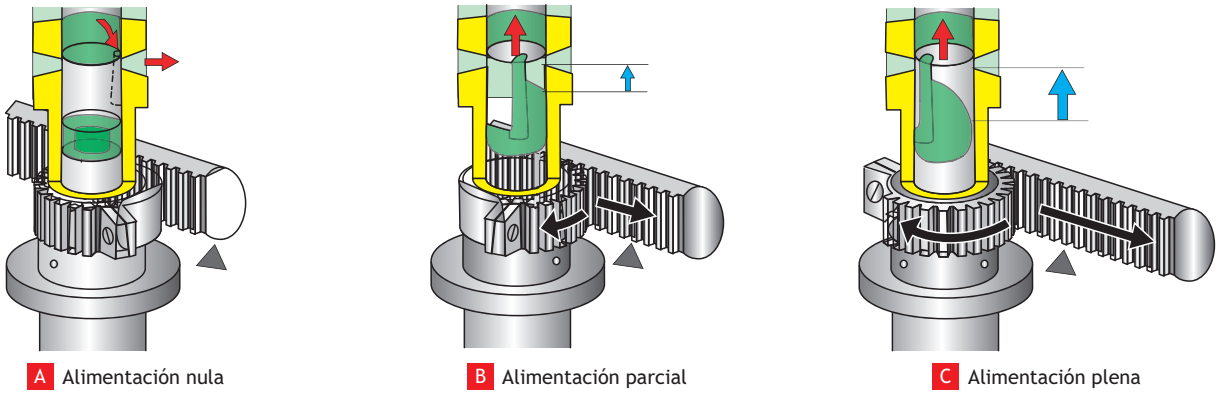
La potencia útil del motor diésel depende entre otras cosas también de la cantidad de combustible inyectada. La bomba de inyección debe dosificar siempre la cantidad de combustible correcta en función de las distintas cargas del motor. Esta cantidad se puede controlar variando la **carrera útil.**

Es necesario recordar que la bomba de inyección en línea trabaja con una carrera constante del émbolo de la bomba, pero el momento del fin de la alimentación y con ello el caudal suministrado, es regulado girando axialmente el émbolo de la bomba por medio de la cremallera conectada a los sectores dentados, es decir, modificando la carrera útil o carrera de alimentación.

Por otra parte, la cámara de presión se encuentra comunicada continuamente a través de la ranura vertical con el espacio existente por debajo del rebaje helicoidal, que forma una rampa sesgada con la que se influye sobre el caudal de alimentación (figura 6.79):

– **Alimentación nula.** La ranura longitudinal se encuentra directamente encima de la lumbrera de admisión. De esta manera la cámara de alta presión se halla unida constantemente a la cámara de aspiración. Puesto que la bomba no genera presión, tampoco tiene lugar ninguna alimentación de combustible. Los pistones se llevan a esta posición cuando se pretende parar el motor.
– **Alimentación parcial.** Para este fin, la barra reguladora gira el pistón hacia la posición de suministro parcial.

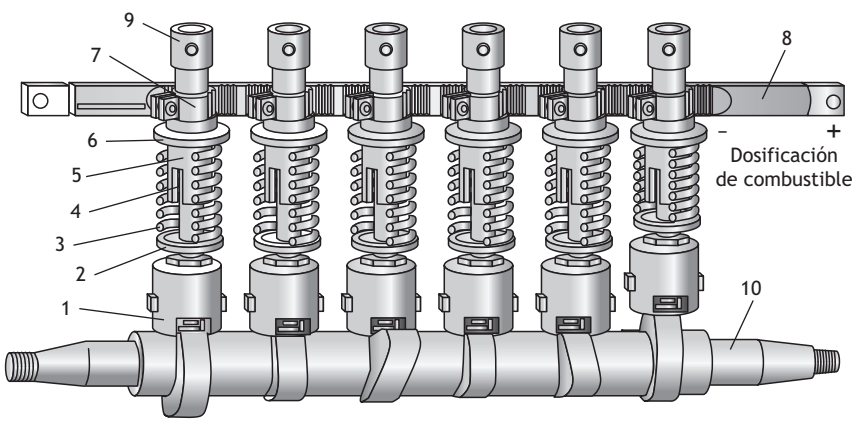
– **Alimentación plena.** En este momento se alcanza la máxima carrera útil. Es decir, la rampa de mando o helicoidal solo entra en comunicación con la lumbrera de admisión cuando ha circulado el máximo caudal de alimentación posible.



6.79. Variación del caudal de inyección por medición de cremallera.

Por tanto, la cantidad de gasóleo inyectado depende de la longitud de la carrera efectuada por el pistón, desde el cierre de la lumbrera de admisión hasta la puesta en comunicación de esta con el cilindro, por medio de la rampa helicoidal.

En la figura 6.80 se puede observar que el fin de la inyección puede ser modificado al hacer girar el pistón sobre su eje vertical por medio de la cremallera de control (8) que engrana en la corona dentada del casquillo cilíndrico (7), que a su vez mueve al pistón. Como ya se sabe, la cremallera se desplaza a voluntad del conductor a través del pedal del acelerador o automáticamente por medio de un regulador, dando movimiento a todos los elementos de bombeo.
El pistón también puede ser girado por medio de una horquilla, como se muestra en la figura 6.81.

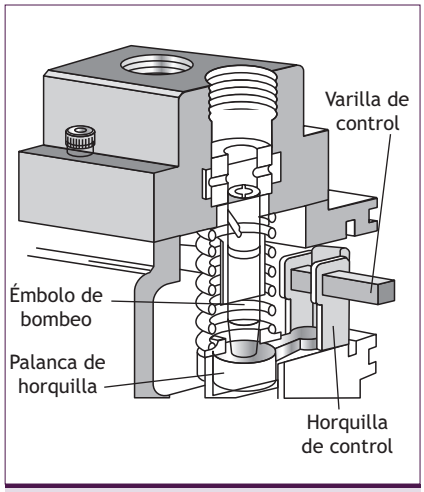


6.80. Funcionamiento para la dosificación de combustible.

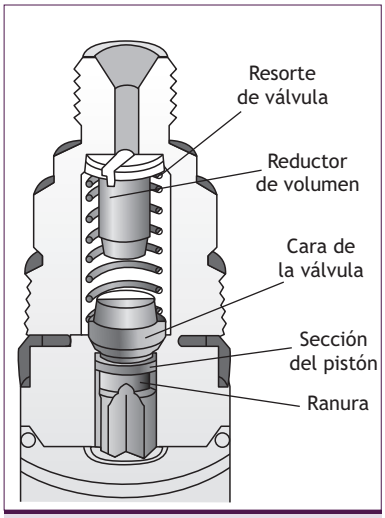
Válvula de presión

Permite regular la presión de alimentación y mantiene en la misma una presión residual (figura 6.82). También hace descender instantáneamente la presión en el tubo comunicado con el inyector y, por tanto, interrumpir rápidamente la inyección para evitar que gotee el inyector.

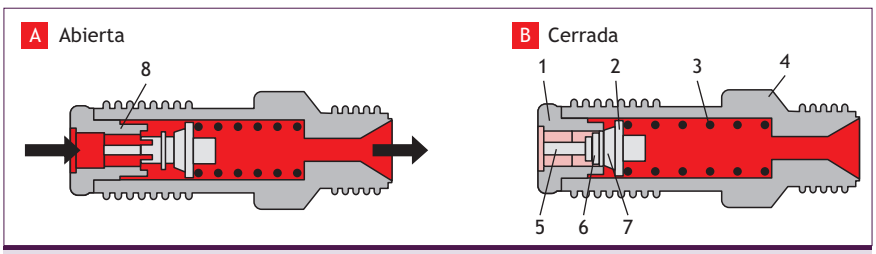
Durante el proceso de alimentación (figura 6.83.A) se abre la válvula, pasando la presión de alimentación al inyector. En cuanto la rampa sesgada del émbolo de la bomba desactiva el proceso de inyección, se reduce la presión en la cámara de alta presión. A consecuencia de esto, el muelle de la válvula empuja de nuevo la válvula de presión contra su asiento (figura 6.83.B). De esta forma, el circuito de inyección y el circuito de alta presión quedan separados hasta la siguiente carrera de alimentación.



6.81. Sección de la parte alta de una bomba de inyección.



6.82. Válvula de presión.



6.83. Válvula de presión.

1 Portaválvula
2 Asiento
3 Muelle
4 Racor de impulsión
5 Vástago
6 Émbolo de descarga
7 Ranura

Técnica

Comprobación de componentes de la bomba de inyección en línea

•• Antes de comenzar el desmontaje de los componentes de la bomba de inyección para su comprobación se tendrá especial atención a las normas especificadas por el fabricante. De igual forma se tendrán en cuenta para su posterior montaje.

A continuación se citan una serie de recomendaciones que facilitará los procesos de trabajo anteriormente mencionados:

- Utilizar el equipo o utillaje recomendado por el fabricante.
- Proveer recipientes adecuados para la colocación de grupos de piezas.
- Limpiar las piezas con aceite limpiador.
- Una vez limpias todas las piezas, revisarlas con detalle con el objetivo de verificar su perfecto estado o la necesidad de ser sustituidas o reparadas.
- Durante el montaje realizar los pares de apriete estipulados por el fabricante.

A continuación se citan las comprobaciones básicas de cada uno de los elementos de la bomba de inyección en línea:

Válvulas de presión (figura 6.84)

- Si la válvula presenta deformaciones en la zona de apoyo del cono o en émbolo de descarga sustituir la válvula.
- Comprobar que no se agarrota en su ubicación natural.

Elementos de bomba (figura 6.85)

- Verificar que las superficies del émbolo (entre ellas las rampas) no presenten erosiones o desgastes excesivos. No conceder mucha importancia a las rayas finas, producidas por partículas de materia abrasiva muy pequeñas, contenidas en el combustible.
- Comprobar que el émbolo no sufre agarrotamiento y desciende con suavidad por su propio peso en el cilindro guía. A su vez, examinar que no existan rayas profundas, erosiones y grietas en la superficie del cilindro.
- Verificar que la superficie de asiento está libre de golpes o con desgaste.

Conjunto impulsor (figura 6.86)

- Verificar que su superficie está exenta de golpes y de pequeñas rayaduras, así como de cráteres.
- Comprobar la parte endurecida del tornillo de ajuste por si estuviera desgastada o dañada.

6.84. Válvula de presión.

6.85. Elemento y cilindro de bomba.

6.86. Impulsores.

Árbol de levas y cojinetes (figura 6.87)

- Comprobar el estado en que se encuentran las superficies de las levas (pueden estar desgastadas o con cráteres en su perfil).
- Verificar el estado de los rodamientos de bolas y sus pistas. No deben presentar cráteres ni señales de óxido.
- Se recomienda sustituir los retenes de engrase.

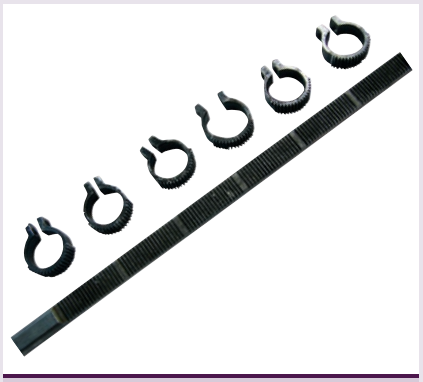
Varilla de regulación, corona dentada y casquillos reguladores (figura 6.88)

- Comprobar que la cremallera se desliza con suavidad sobre sus casquillos guía.
- Verificar el perfecto estado del dentado de la cremallera y de los casquillos de regulación.
- Comprobar la holgura entre los dientes de la cremallera y el piñón.

Muelles y platillos de émbolo (figura 6.89)

- Comprobar el perfecto estado de las espirales de los muelles (sobre todo la primera espiral de apoyo).
- Verificar que no se encuentren con muestras de corrosión.

6.87. Árbol de levas.



6.88. Cremallera y casquillos reguladores.

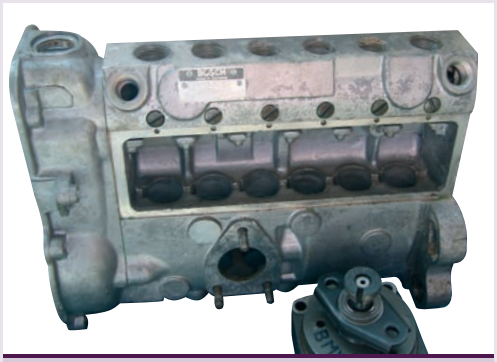
6.89. Muelle y platillos de émbolo.

Carcasa de la bomba (figura 6.90)

- Verificar que esté libre de golpes, grietas o rayaduras externas.

Grupo regulador

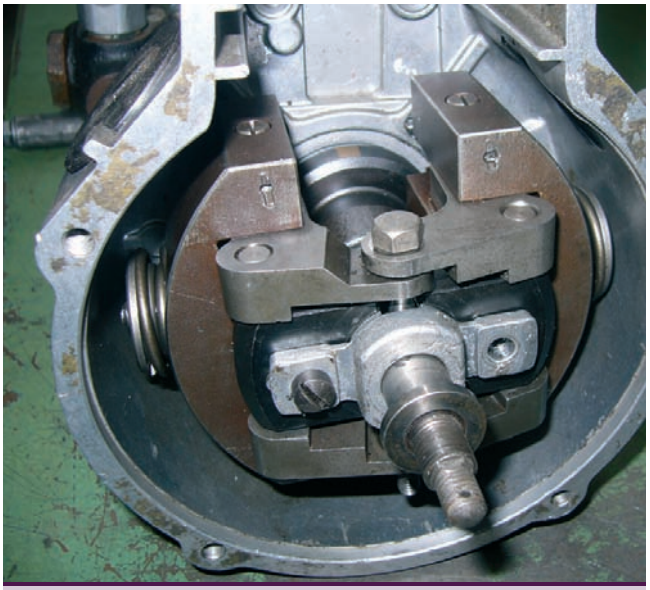
- Verificar que la tapa esté libre de golpes y grietas.
- Comprobar el perfecto estado de las masas centrífugas y sus muelles (figura 6.91).
- Verificar que no existen defectos en cada una de las articulaciones, palancas y varillas que componen el conjunto regulador.



6.90. Carcasa de la bomba.

6.91. Muelles del regulador.

6.92. Conjunto completo de elementos de bomba.



6.93. Regulador centrífugo.

Reguladores de velocidad

Están situados en el lado posterior de la bomba de inyección, es decir, en el lado contrario del sistema de arrastre (figura 6.93). Tienen la finalidad de limitar el número de revoluciones de máxima y mínima principalmente, actuando sobre la cremallera de control, es decir, que pueden ser de tipo **mecánico y neumático** en función de la velocidad de rotación y de la carga, siendo los más utilizados los primeros.

El principio del regulador mecánico se basa en la ley de fuerza centrífuga. Por esta razón se le llama también regulador de fuerza centrífuga.

Según su misión, los reguladores pueden ser:

- De **mínima y máxima,** utilizados en automóviles y camiones.
- De **todas velocidades,** utilizados en motores industriales, tractores, excavadoras, etc.

Estos disponen de unas masas acopladas al árbol de levas de la bomba de inyección, de forma que se desplazan hacia la periferia del conjunto regulador cuando la velocidad de rotación del árbol de levas de la bomba va en aumento. El movimiento es transmitido por medio de un sistema de palancas a la cremallera para modificar el caudal inyectado. Si la velocidad decrece, las masas centrífugas se acercan desplazando la cremallera en sentido contrario.

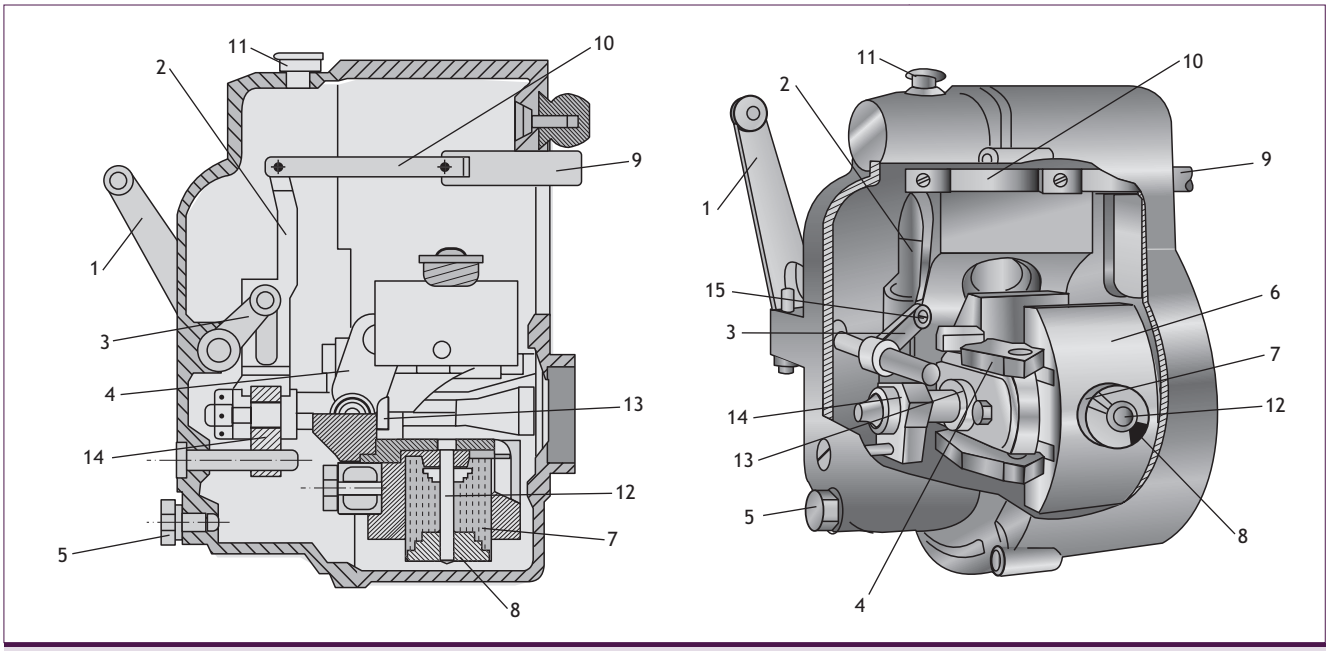
Regulador mecánico centrífugo de máxima y mínima

Este regulador actúa solamente en aquellos momentos en donde el motor tiende a embalarse (sobrepasar la velocidad máxima admisible) o bajar excesivamente de régimen en ralentí. En su interior se aloja el sistema de regulación de máxima y mínima velocidad y, además, el sistema de mando de la cremallera (figura 6.94).

Está formado principalmente por las masas rotantes (6) que se desplazan por efecto de la fuerza centrífuga sobre unos pernos (12) acoplados sobre el extremo del árbol de levas de la bomba, cuyo desplazamiento es controlado por la acción antagonista que oponen unos muelles (7) al desplazamiento de las masas y que las mantienen en posición fija dentro de los límites de mínima y máxima velocidad.

Las masas llevan unas palancas acodadas (4) unidas a un eje de articulación (13) que puede desplazarse axialmente por efecto de la separación de las masas y actúa sobre el sistema de mando de la cremallera.

A su vez el sistema de mando de la cremallera (9) está formado por una serie de palancas articuladas. La palanca (1) recibe movimiento del acelerador. Sobre un eje montado en el otro extremo va articulada la palanca de mando (3), unida a un patín o dado deslizante (15), que se desplaza por el interior de una palanca hueca o colisa (2), la cual se articula por la parte superior por medio de un perno a la horquilla de mando (10) de la crema-

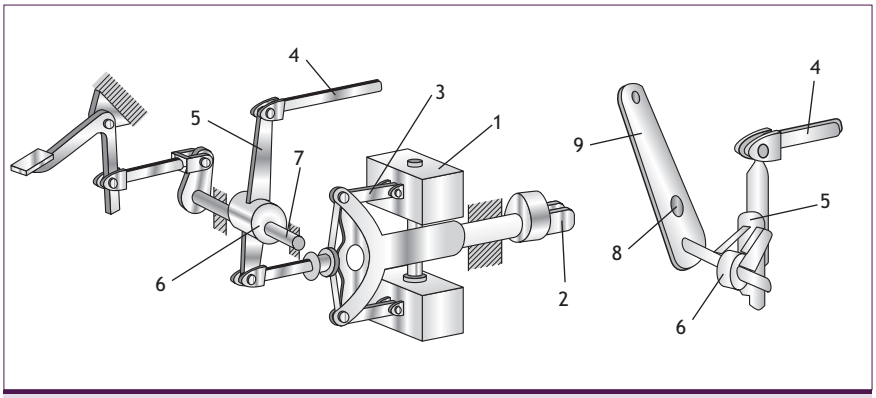


6.94. Regulador de velocidad centrífugo.

llera (9). Por el extremo descansa sobre el eje de articulación (13), oscilando sobre la pieza (14) por el movimiento pendular que le imprime el patín (15) al ser accionado por el pedal del acelerador.

En la figura 6.95 se muestra un esquema del regulador de máxima y mínima para comprender mejor su funcionamiento. Las dos masas rotantes (1) van montadas sobre un eje que va unido al árbol de levas (2) de la bomba de inyección y, por tanto, quedan sometidas a un movimiento rotacional igual que el del árbol de levas. Las masas tienden a separarse por efecto de la fuerza centrífuga, pero sus movimientos son frenados por los muelles que se encuentran en el interior de las masas.

Los movimientos de las masas (1) son transmitidos por mediación de las palancas (3) a la cremallera (4) a través de la colisa (5), que puede girar sobre la excéntrica (6) en cualquier posición del eje (7), que a su vez es mandado por el pedal del acelerador.



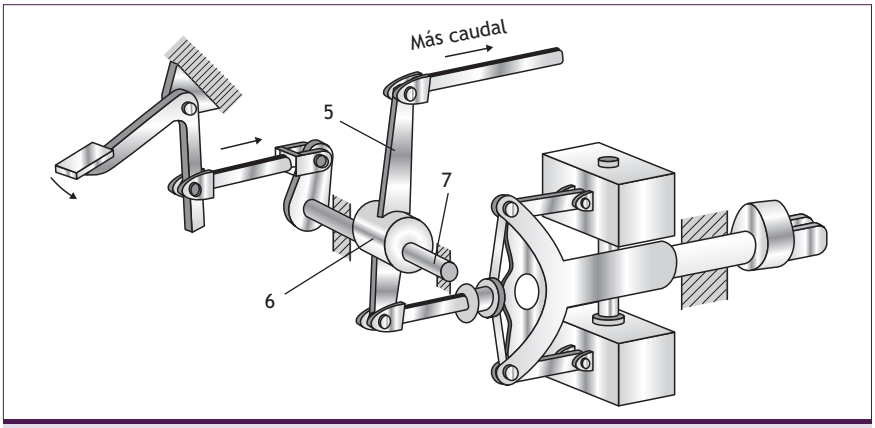
6.95. Esquema de funcionamiento del regulador centrífugo y detalle del sistema de mando.

1 Palanca del acelerador
2 Colisa
3 Palanca de mando
4 Palanca angular
5 Tapón del nivel de aceite
6 Masa rotante
7 Muelles reguladores de tensión
8 Tuercas de ajuste
9 Cremallera
10 Horquilla de articulación
11 Engrasador
12 Eje de desplazamiento
13 Eje de articulación
14 Pieza de articulación
15 Patín

1 Contrapesos
2 Árbol de levas
3 Palanca angular
4 Barra cremallera
5 Colisa
6 Excéntrica
7 Eje
8 Tope
9 Palanca acelerador

Conviene recordar que la dosificación del combustible que se va a inyectar va a depender tanto de la **acción del conductor al pisar el pedal del acelerador como de la acción del regulador sobre la cremallera.**

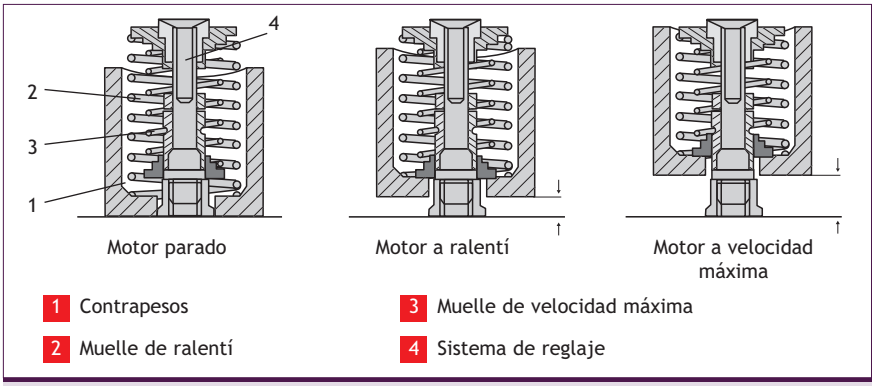
Cuando el conductor acelera (figura 6.96), se hace girar la excéntrica (6) por medio del eje (7) que es mandado por el pedal del acelerador. Este movimiento provoca el desplazamiento de la cremallera de control en sentido de la flecha, por medio de la colisa (5). La cremallera, a su vez, hace girar los pistones del elemento de bombeo en sentido de mayor aporte de caudal. Así mismo, si el conductor levanta el pie del acelerador, el movimiento obtenido en la barra cremallera es contrario, disminuyendo el caudal inyectado.



6.96. Funcionamiento por acción del conductor.

Durante el **trabajo del regulador,** cuya misión es mover la cremallera en uno u otro sentido (mínimo o máximo) independientemente de la acción del conductor, se pueden dar las **siguientes fases:**

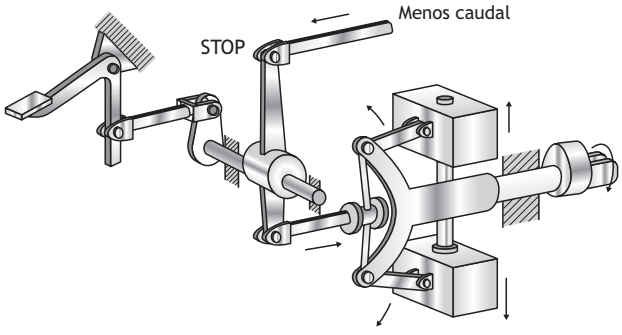
- **Motor en ralentí** (figura 6.97). Las masas (1) tienden a separarse por la acción de la fuerza centrífuga venciendo la fuerza que ofrece el muelle de ralentí (2), que se comprime un poco. Al efectuar este muelle una pequeña carrera entra en acción el muelle de máxima (3), que es más grueso y, por tanto, más potente, impidiendo que la masa de ralentí pueda seguir separándose. Con esto se consigue, por un lado, un ralentí estable, impidiendo que el motor se cale (muelle de ralentí) y, por



6.97. Desplazamiento de las masas rotantes.

otro lado, que el número de revoluciones a ralentí sea excesivo (muelle de máxima).

- **Régimen sobrepasa el establecido por el constructor** (figura 6.98). En este caso el regulador provoca el movimiento de la cremallera hacia el stop por medio de las correspondiente palancas, ya que la fuerza centrífuga vence la acción de los muelles de máxima y mínima. Con esto se disminuye el caudal inyectado y el motor baja de régimen sin sobrepasar el establecido (por ejemplo, cuando se baja una pendiente).



6.98. Funcionamiento por acción del regulador.

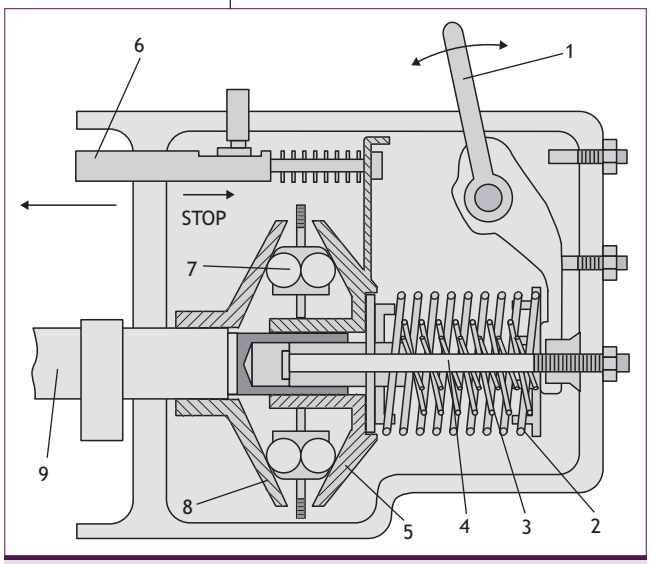
El reglaje en la separación de las masas centrífugas para máxima y mínima velocidad se efectúa por medio de dos resortes tarados que actúan por separado y escalonadamente (figura 6.97). El mecanismo interno de las masas está formado por un eje (4) y unos muelles (2 y 3), de ralentí y de velocidad máxima respectivamente. El sistema de reglaje permite modificar el tarado de los muelles (simplemente apretando la tuerca se da más tensión a los muelles).

Regulador mecánico centrífugo de todas las velocidades

Su misión es corregir cualquier variación del régimen motor que no sea la deseada por el conductor, es decir, en ellos el conductor selecciona el régimen más idóneo para realizar el trabajo y el regulador actúa manteniendo ese régimen en todos los momentos en que pueda producirse variación debido a las diferentes condiciones de funcionamiento del motor.

Consta (figura 6.99) de una palanca (1) accionada por el acelerador, que a su vez, por medio de los muelles (2, 3 y 4) hace moverse el plato (5) al cual va unidad la barra cremallera (6). Si el conductor acelera, la palanca (1) se mueve de su extremo superior hacia la derecha, con lo cual su extremo inferior se desplaza a la izquierda y, por medio de los muelles (2, 3 y 4) empuja el plato (5) hacia la izquierda, el cual transmite este movimiento a la cremallera aumentando así el caudal inyectado y, por tanto, el régimen del motor.

1. Palanca del acelerador
2. Muelle de ralentí
3. Muelle de arranque
4. Muelle de plena carga
5. Plato móvil
6. Cremallera
7. Contrapesos
8. Plato fijo
9. Árbol de levas



6.99. Regulador mecánico de todas las velocidades.

Si se mantiene la posición del acelerador y el motor tiende a subir de revoluciones, los contrapesos (7) se separan, haciendo que el plato móvil (5) se separe del fijo (8) venciendo la acción de los muelles (2, 3 y 4). Este movimiento hace que la cremallera se desplace un poco hacia el stop, disminuyendo el caudal inyectado y por tanto el giro del motor.

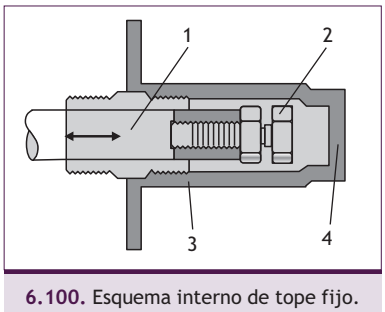
Si, por el contrario, el giro del motor tiende a disminuir, para una posición determinada del acelerador las masas (7) tienden a juntarse, con lo cual el plato móvil (5) se aproxima más al fijo (8), gracias a la acción de los muelles (2, 3 y 4). Este movimiento es transmitido a la cremallera que, al moverse hacia la izquierda, hace aumentar el caudal de inyección, con lo que se mantiene el régimen de giro del motor.

En resumen, la acción de los muelles (2, 3 y 4) se realiza escalonadamente, siendo el muelle (3) el que actúa en ralentí y el muelle (4) en alto régimen, mientras que el muelle (2) permite dar un mayor caudal a la bomba en los momentos de arranque del motor.

Topes de cremallera

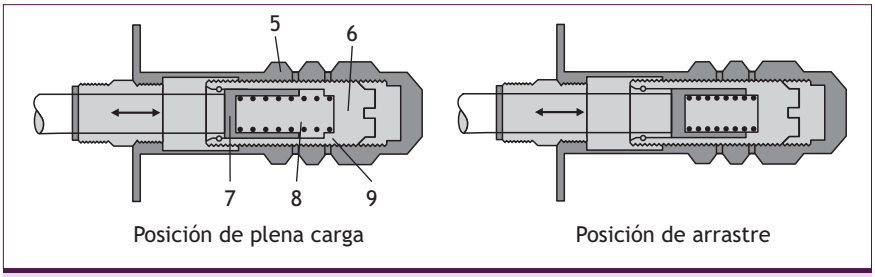
Tienen la función de limitar el caudal de inyección a plena carga del motor. Como bien se sabe ya, la cremallera se desplaza entre dos posiciones extremas, la de stop (suministro nulo de combustible) y la posición plena carga (de máximo suministro).

Los topes más utilizados son los de tope fijo y tope elástico. El de **tipo fijo** (figura 6.100) va situado en el extremo de la cremallera (1) y consta de un tornillo (2) asegurado con una contratuerca mediante el cual se puede ajustar el recorrido máximo de la cremallera. **Los topes elásticos** (figura 6.101) se utilizan en motores que necesitan de un mayor aporte de combustible durante el arranque que a plena carga. Para ello constan de un muelle (8) intercalado entre el manguito de ajuste (6) y la cremallera (1), de manera que en el arranque, cuando el conductor acelera a fondo, se permite a la cremallera (1) un desplazamiento más allá del correspondiente a plena carga. Ya con el motor en marcha, es el regulador de la bomba quien gobierna la cremallera quedando distendido el muelle y restableciéndose el tope normal de plena carga.



6.100. Esquema interno de tope fijo.

1. Barra de cremallera
2. Tornillo de ajuste
3. Contacto del tope
4. Capuchón de cierre
5. Contratuerca
6. Manguito de ajuste
7. Manguito de tope
8. Muelle
9. Tope



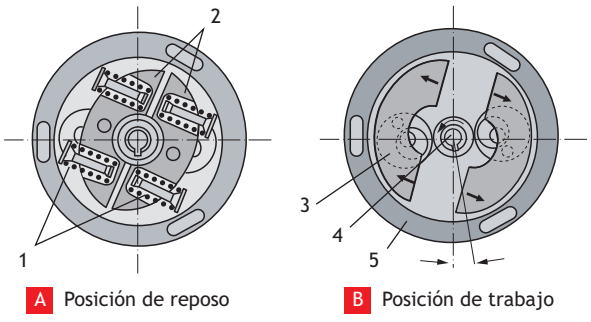
6.101. Esquema y funcionamiento de tope elástico.

Reguladores de avance

Al igual que en los motores de gasolina, en los motores diésel se hace necesario adelantar o retrasar el inicio de la combustión teniendo en cuenta el número de revoluciones del motor y la carga del mismo. Para ello se utili-

zará un **variador de avance** a la inyección situado en la transmisión, entre el motor y la bomba de inyección, que se encarga de girar angularmente el árbol de levas de mando de la bomba para adelantar la fase de inyección cuando sea necesario.

Conviene recordar también que durante el proceso de inyección el combustible necesita un cierto tiempo para poder formar con el aire una mezcla capaz de inflamarse. Este retardo a la inflamación va a depender de numerosos factores.



6.102. Variador de avance de contrapesos.

Existen dos tipos de reguladores principales que se montan en las bombas de inyección: de **contrapesos y de excéntrica.**

Variador de avance de contrapesos

El dispositivo (figura 6.102) está dotado de dos masas centrífugas (2) cuyo movimiento de translación es contrastado por muelles calibrados específicos (1). Las masas están acopladas a dos casquillos excéntricos (3), conectados a su vez al árbol de levas de la bomba (4).

Con el motor parado, las masas centrífugas están en posición de reposo (posición A) y así se quedan hasta que el motor alcance el régimen de rotación necesario para que la fuerza centrífuga que actúa sobre las masas venza la fuerza de los muelles de reacción. Cuando el régimen de rotación del motor aumenta, las masas, venciendo la resistencia de los muelles, empiezan a alejarse hacia el exterior. De este modo, provocan una rotación del casquillo excéntrico, que a su vez hace girar angularmente, en avance, el árbol de levas (posición B). Este ángulo de avance a la inyección varía entre un máximo y un mínimo según el desplazamiento de los contrapesos.

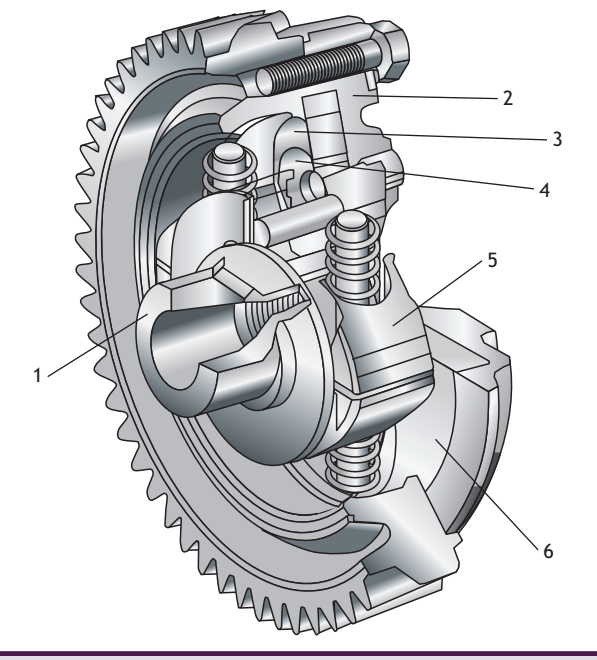
1 Muelles de reacción
2 Masas centrifugas
3 Casquillo excéntrico
4 Árbol de levas
5 Estator

Variador de avance de excéntrica

Este regulador (figura 6.103) va montado sobre el árbol de levas de la bomba de inyección, pero también es posible su montaje sobre un eje intermedio. Pueden ser de **tipo abierto,** cuando se lubrican por conexión al circuito del aceite lubricante del motor, o de **tipo cerrado,** cuando el variador contiene una cantidad de aceite suficiente para toda su vida útil. A continuación se explica el de tipo abierto por ser este el más utilizado al ofrecer ciertas ventajas sobre el de tipo cerrado.

Están formados por un cuerpo (2) en cuyo interior se encuentran alojados un disco de reglaje (6) con el buje (1), así como las excéntricas de ajuste (3) y de compensación (4). Las excéntricas son conducidas por bulones fijados firmemente al cuerpo. Además los bulones de los contrapesos se insertan en el orificio de la excéntrica de ajuste. En los contrapesos (5) van dispuestos por parejas los muelles de presión, que también son guiados por los bulones de contrapesos, estando así asegurados contra un posible desplazamiento axial.

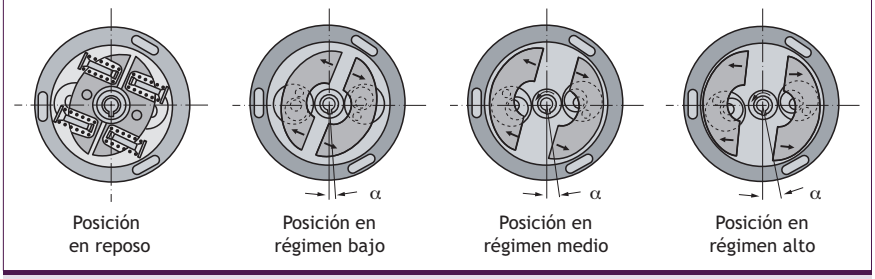
1 Buje
2 Cuerpo
3 Excéntrica de ajuste
4 Excéntrica de compensación
5 Contrapeso
6 Disco de reglaje



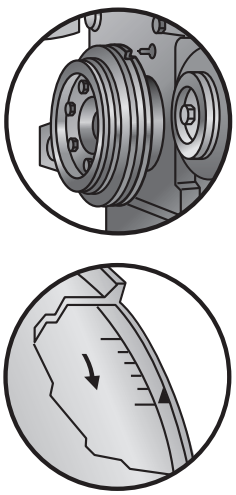
6.103. Variador de avance de excéntrica.

El variador recibe movimiento por medio de una rueda dentada alojada en la caja de engranajes del motor. La unión entre el accionamiento y la salida de fuerza (buje) queda establecida por parejas de excéntricas acopladas entre sí. Las excéntricas se encuentran en los orificios del disco de reglaje y son conducidas por los bulones del cuerpo. A través de estos bulones se transmite al buje el movimiento impulsor del cuerpo.

Cuando el motor está parado (figura 6.104), los muelles de presión mantienen los contrapesos en la posición inicial. Por contra con el motor en marcha y según se va aumentando el número de revoluciones, la fuerza centrífuga va actuando sobre los contrapesos. En esta situación los contrapesos se desplazan hacia el exterior provocando así un giro de las excéntricas y, a causa de este movimiento giratorio, el buje cambia de posición respecto al cuerpo, con lo que se modifica el momento de inyección. Con este tipo de variadores se puede llegar a conseguir hasta un ángulo de 30° de avance respecto al cigüeñal del motor.



6.104. Funcionamiento del variador de avance de excéntricas. α: ángulo de avance.



6.105. Alineamiento de marcas.

Puesta a punto de la bomba en el motor

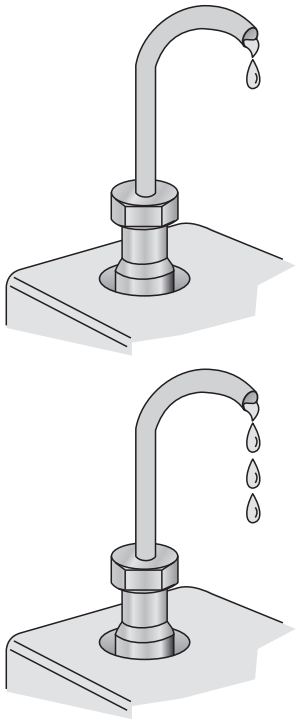
Las exigencias cada vez más duras en relación con el consumo de combustible y la emisión de humos en todos los motores diésel imponen un calado de alta precisión de la bomba de inyección. Este se puede realizar de forma estática y dinámica.

– **Calado estático.** Para hacer la puesta a punto se recurre principalmente a las marcas del comienzo de la inyección, que se encuentran en el motor y en la bomba de inyección. Normalmente se toma como base la carrera de compresión del cilindro número 1 del motor, pero en ciertas ocasiones pueden aplicarse otras referencias. En el motor diésel, las marcas de comienzo de la alimentación se encuentran generalmente en el volante de inercia, en la polea de la correa trapezoidal o en el amortiguador de vibraciones (damper).
  La posición, la disposición y la designación de los cilindros del motor son indicadas por el fabricante de este y han de tenerse en cuenta en cualquier caso.
  - Girar el motor mediante el cigüeñal en el sentido normal de rotación para llevar el cilindro de referencia (precisado por el constructor) al punto de calado (figura 6.105).
  - Controlar y, si es preciso, ajustar el alineamiento de las marcas de calado inscritas en el accionamiento de la bomba. Para una intervención, aflojar los tornillos de amarre de la misma.

- Este método de calado permite el desmontaje y montaje rápido de una bomba de inyección seguidos de una intervención exterior a esta última. Por ejemplo, la sustitución de una junta de estanqueidad del accionamiento en el lado de la distribución.

Otro método que se utiliza para el calado estático de la bomba es el denominado **método de la gota.** Para este método es necesario desmontar el tubo de alta presión que corresponde al cilindro de referencia para el calado para desmontar a continuación el racor de salida.

- Extraer la válvula y montar un tubo de alta presión de cuello de cisne en el racor (figura 6.106).
- Alimentar la bomba de inyección de combustible bajo una ligera presión o con un depósito en carga.
- Asegurarse de que los elementos de bombeo se encuentran en posición de plena carga mediante el accionamiento de la cremallera de control y palanca de ajuste.
- Girar el cigüeñal en sentido de rotación de avance hasta que por el tubo de rebose en forma de cuello de cisne, montado sobre la válvula de impulsión del primer cilindro, salga el combustible en forma de gotas.
- En cuanto las gotas dejen de fluir, en esta posición será el comienzo de la inyección. Comprobar que las marcas de referencia están en su posición correcta.
- Repetir los dos pasos anteriores girando el cigüeñal 720°, hasta que por el tubo de cuello de cisne fluya de nuevo el combustible en forma de gotas.
- Apretar al par estipulado las fijaciones del accionamiento o del soporte de la bomba (según modelo).
- Desmontar el cuello de cisne con el racor.
- Montar la válvula en el racor así como el conjunto con el conducto de alta presión.



6.106. Racores cuello de cisne.

– **Calado dinámico o con lámpara estroboscópica.** El sistema de control de calado dinámico permite efectuar, de modo simple y rápido, una prueba en el desarrollo del avance de la bomba según el régimen motor y en el calado de base. Es decir, se puede diagnosticar rápidamente si el calado de la bomba de inyección es el responsable de la emisión de humos o de la falta de potencia.

El control del calado de una bomba en movimiento en un motor diésel se realiza utilizando una lámpara estroboscópica (1) con un captador de impulsos (2) (figura 6.107). Con el motor a temperatura normal de funcionamiento y con el ralentí perfectamente regulado se procederá de la siguiente forma:

- Conectar el equipo con lámpara estroboscópica. El captador inductivo se adapta en un tubo de alta presión del cilindro de referencia (generalmente el número 1) a cierta distancia del inyector o de la salida de la bomba (precisada por el fabricante de la lámpara) (figura 6.108). En general, los fabricantes del material de control determinan los valores de control del calado en movimiento y dan las instrucciones necesarias relativas a la posición del captador en el tubo de alta presión.
- Con el botón de la lámpara estroboscópica apretado, dirigir el haz luminoso hacia las marcas fijas (tapa distribución) y móviles (volante de inercia o polea motor). En un motor diésel, el calado es la diferencia

Lámpara estroboscópica

Existen adaptadores para lámpara estroboscópica empleados para comprobar el punto de encendido en motores diésel: miden el punto de inyección de gasóleo tanto en circuitos con bomba de inyección lineal como con bombas rotativas.

6.107. Componentes comprobación puesta a punto de motor diésel.

1 Lámpara estroboscópica

2 Capturador de impulsos

6.108. Detalle de ubicación del captador inductivo.

angular entre el comienzo de la inyección de la bomba y el PMS fin de compresión del cilindro de referencia motor.

- Con el potenciómetro de la pistola, ajustar los grados de avance inicial que estén estipulados por el fabricante.
- Si la marca móvil coincide con la fija indicadora de PMS (0°), el calado estático es correcto. En caso de que el valor controlado no corresponda a los dados por el constructor (o por el fabricante del material), parar el motor y realizar la corrección necesaria procediendo al calado estático completo de la bomba.
- Los pasos seguidos para el calado con lámpara estroboscópica son iguales para circuito con bomba lineal como para circuito con bomba rotativa.

Técnica

Comprobación de la bomba en línea sobre el banco de pruebas

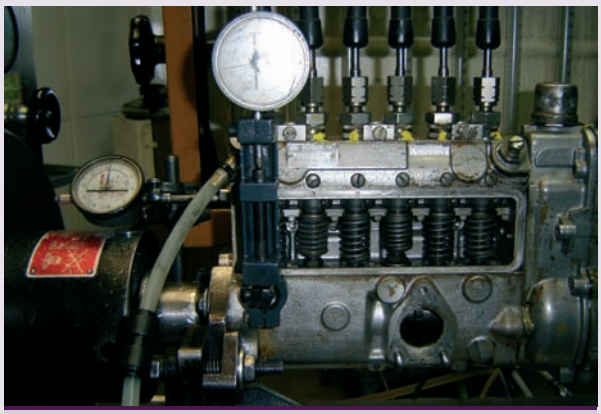
•• Para realizar las siguientes operaciones se ha utilizado un banco de pruebas BOSCH (figura 6.109) con todos los accesorios necesarios para realizar pruebas sobre una bomba en línea.

6.109. Banco de pruebas.

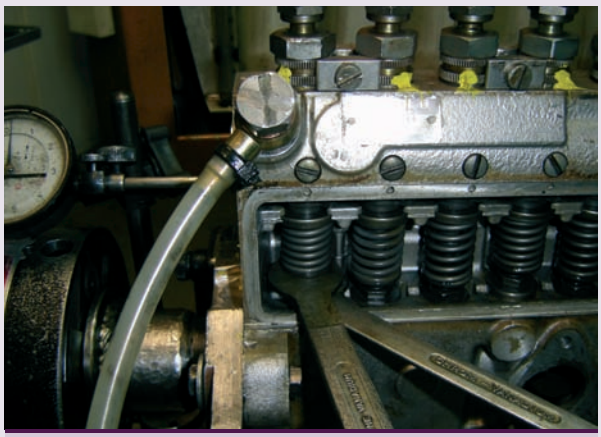
Verificación y ajuste de comienzo a la inyección

- Extraer la válvula con su muelle y arandela de asiento del primer elemento de la bomba una vez quitado el racor de unión de la válvula de presión.
- Montar de nuevo sobre el elemento el racor de enlace y un tubo en forma de cuello de cisne.
- Con el banco de pruebas en marcha situar la presión de su bomba de alimentación a 1,5 bar y comprobar que el líquido de comprobación circula sin problema por el tubo en forma de cuello de cisne.
- Con el banco de pruebas parado, acceder a los empujadores quitando previamente la tapa lateral de la bomba y girar el árbol de levas en su sentido de avance hasta situar el primer elemento de bombeo en su PMI (figura 6.110).
- Situar el palpador de un reloj comparador sobre el empujador del émbolo en cuestión y ponerle a cero en su escala.

- Poner en marcha el banco de pruebas y apreciar que circula el combustible por el tubo de rebose. En este momento, girar el arrastre de la bomba en el sentido de giro hasta que el combustible deje de fluir por el tubo de rebose (comienzo de la inyección). El reloj comparador mostrará una lectura que debe corresponder con la especificada por el fabricante. Si esto no fuera así se deberá actuar sobre el tornillo del empujador, roscando si la medida es inferior y desenroscando si la medida es superior (figura 6.111).



6.110. Montaje sobre la bomba del dispositivo de medida de la carrera previa del émbolo.



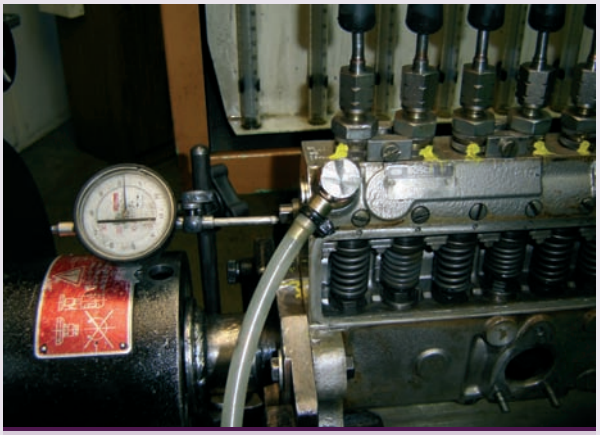
6.111. Regulación del recorrido del empujador.

Puesta en fase de la bomba por presión

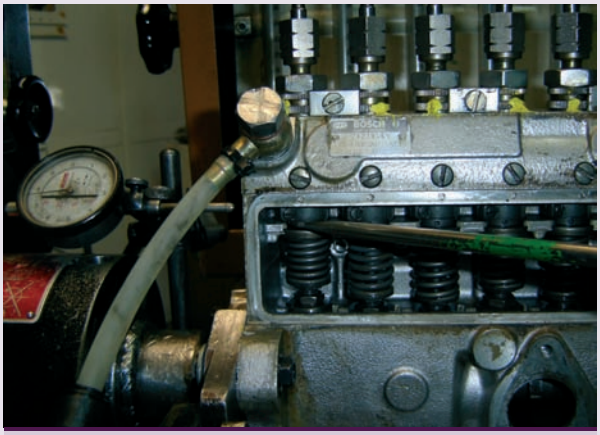
- Con el primer émbolo de bomba en situación de comenzar la inyección, situar el goniómetro o disco graduado del plato de arrastre en su marca de cero.
- Abrir en el banco tantos portatoberas como cilindros tenga el motor y regular la presión en el circuito (alta presión).
- Girar el plato de arrastre del banco de pruebas en sentido de avance y anotar según las marcas del goniómetro los inicios de inyección de los cilindros. En un motor de 4 cilindros se debe producir una inyección cada 90º. Se admite una tolerancia máxima de ±1º. Si el desfase fuera mayor, se actuará como en la prueba anterior sobre el tornillo del empujador.
- Cerrar los grifos portatoberas, parar el banco y situar el selector de alta presión en su posición inicial.

Verificación y calibrado de caudal

- Conectar los tubos de inyección del banco a los racores de la bomba y el tubo de alimentación en baja presión al racor de entrada de la bomba.
- Una vez comprobado el correcto deslizamiento de la cremallera, situar un reloj comparador para leer su desplazamiento (figura 6.112).
- Con el banco en marcha y suministrando combustible, purgar todo el circuito abriendo los purgadores.
- Girando la bomba en su sentido de giro, purgar los inyectores y comprobar que por todos ellos fluye combustible.
- Conseguir en el banco las revoluciones marcadas por el fabricante y girar la cremallera según indique la tabla de ensayos. En esta posición establecida, accionar el sistema automático de cuenteo de emboladas (100) y anotar el combustible inyectado en las mismas, que se ve reflejado en las probetas.
- Si el combustible no corresponde con el estipulado por el fabricante, se corregirá actuando con un destornillador sobre el tornillo del sector dentado del casquillo de regulación (figura 6.113), teniendo en cuenta que en un sentido se aumenta el caudal y en otro se disminuye. Una vez realizadas las modificaciones, marcar con una punta de trazar en cada uno de los elementos la posición del casquillo con respecto al sector dentado.
- Se admite una diferencia de caudal inyectado entre elementos de bombeo de 0,4 cm^3 en 100 emboladas.



6.112. Montaje del dispositivo de medición de recorrido de la cremallera.



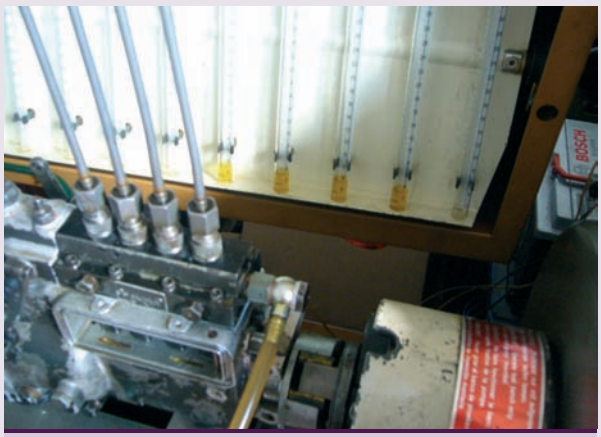
6.113. Regulación del sector dentado para corrección de caudal.

Reglaje del caudal a plena carga

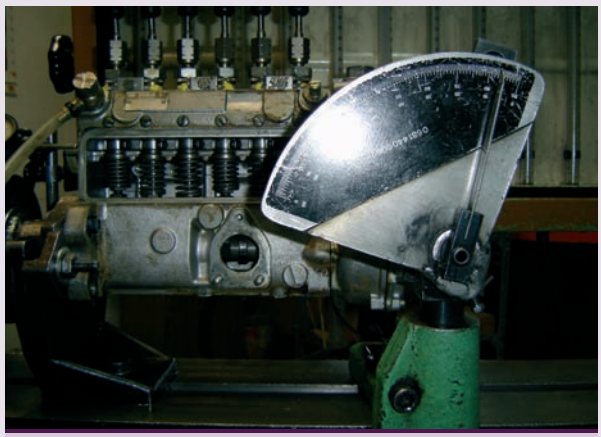
- Llevar la palanca del acelerador a la posición de plena carga.
- Con el banco a las revoluciones estipuladas de plena carga y con el sistema automático de cuenteo de emboladas en marcha, anotar el combustible depositado en las probetas de ensayo (figura 6.114).
- Si el caudal no se corresponde con el estipulado, actuar sobre el tope de plena carga.

Comprobación y ajuste del regulador

- Acoplar el dispositivo de control de variación de la cremallera de regulación (reloj comparador) con el objeto de comprobar el desplazamiento de la misma y la escuadra con sector graduado sobre la palanca de mando para medir el recorrido de la misma (figura 6.115).
- Con la palanca del acelerador fijada en posición de plena carga, ajustar a cero la escala del reloj comparador.
- Con el banco girando a las revoluciones prescritas por el fabricante para esta prueba, comprobar en el reloj comparador la medida obtenida por el movimiento de la cremallera provocada por el giro de las masas rotantes del regulador.
- Si el resultado obtenido no es el especificado por la tabla de ensayos se deben ajustar y reglar los muelles del regulador actuando sobre sus tuercas de ajuste.



6.114. Medición de combustible acumulado en probetas.



6.115. Comprobación del regulador.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué condiciones de funcionamiento debe cumplir la bomba de inyección de un sistema diésel?

2·· ¿Qué presiones de inyección se alcanzan en las cámaras de inyección directa e indirecta?

3·· ¿Qué ventaja e inconveniente tienen lugar en los motores con cámaras de inyección directa?

4·· ¿Qué dos fases principales existen para realizar el filtrado de combustible en un motor diésel?

5·· ¿Qué dos partes principales conforman un inyector?

6·· ¿Cómo se pueden clasificar los inyectores de orificios? Cita alguna de sus características principales.

7·· Explica las fases de trabajo de precalentado y postcalentado de un calentador.

8·· Cita y explica cómo se pueden clasificar los calentadores dependiendo de su construcción.

9·· ¿Qué es un dispositivo térmico de arranque?

10·· ¿Qué características principales deben tener las tuberías de alta presión de un circuito diésel?

11·· Cita los tipos de bombas de alimentación diésel que se pueden encontrar en un circuito.

12·· ¿Qué función tiene el rebaje situado en la parte superior del émbolo de bombeo?

13·· ¿Qué dos tipos de topes de cremallera existen?

14·· Explica detalladamente las fases de dosificación de combustible de la bomba de inyección en línea.

15·· ¿Qué tipo de comprobaciones se pueden realizar sobre el grupo regulador de la bomba de inyección una vez desmontado?

16·· ¿Cómo se pueden clasificar los reguladores de velocidad según la misión que cumplen? ¿En qué tipo de vehículos se utiliza cada uno de ellos?

17·· ¿De cuántos muelles dispone el regulador de máxima y mínima de la bomba de inyección en línea?

18·· ¿Dónde va montado el variador de avance de la excéntrica? ¿Cuántos tipos de variadores existen?

.: APLICACIÓN :.

1·· Realiza las operaciones necesarias de purgado en el circuito de inyección diésel.

2·· Realiza el desmontaje y montaje de un inyector de orificios y de tetón.

3·· Comprueba la presión de inyección de diferentes inyectores mediante el banco de tarado de inyectores.

4·· Comprueba la resistencia de los calentadores de un motor y una prueba de funcionamiento.

5·· Realiza el desmontaje y montaje de una bomba de inyección en línea.

6·· Realiza el calado estático y dinámico de una bomba de inyección en línea.

Caso final

Comprobación de las bujías de precalentamiento

•• Llega al taller un vehículo 1,9 turbodiésel con problemas de arranque en periodo invernal y con gran cantidad de emisión de humos. La causa es el mal funcionamiento de los calentadores.

Solución •• El fallo de un calentador puede que no llegue a notarse en el arranque del motor en condiciones normales de temperatura exterior, pero sí cuando las condiciones son de bajas temperaturas. Además si es más de uno los que fallan, puede resultar un arranque dificultoso y lento en cualquier condición de temperatura ambiente.

En el momento de sustituirlos se debe tener en cuenta que no todos son iguales; incluso dentro de las mismas motorizaciones existen diferentes tamaños, por lo que se deben conocer las características del motor.

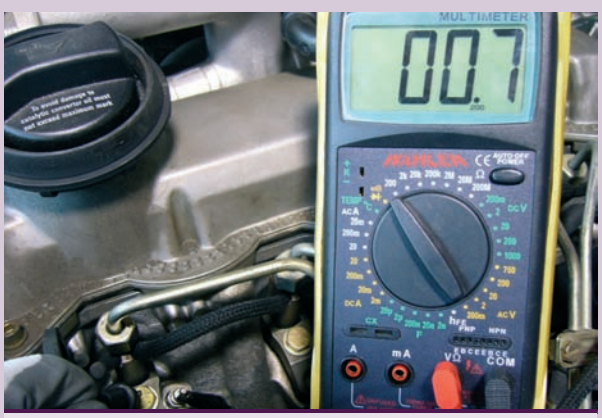
Para asegurarnos del funcionamiento de los calentadores existen varios pasos:

- Comprobar su resistencia, para lo cual no es necesario su desmontaje.
- Comprobar su consumo intercalando un amperímetro en su circuito.
- Desmontarlo y aplicarle corriente para verificar que se calienta alcanzando su extremo más largo un tono rojizo.

Comprobación de resistencia

- Quitar la tapa que cubre el motor en el caso de que este la llevara para dejar al descubierto los calentadores.
- Desconectar los terminales quitando las tuercas de sujeción. En algunos vehículos simplemente con tirar de los cables quedan al descubierto los calentadores (figura 6.116).
- Comprobar la resistencia con un polímetro en posición de medida de ohmios. Con una punta en el extremo del calentador y la otra en una zona limpia y sin suciedad del motor (preferiblemente pulida), el valor obtenido deberá ser de 0,5 ohmios aproximadamente. Esta medida indicaría que el calentador está en perfectas condiciones (figura 6.117).

6.116. Ubicación de los calentadores.



6.117. Comprobación de la resistencia.

- Si la medida no fuera la correcta, desmontar para sustituirlos o para comprobar de nuevo. Desenroscar levemente el calentador y limpiar la rosca con cuidado.

- Es importante que cuando se haya desmontado el calentador se evite que caigan partículas de suciedad en la cámara de combustión.
- Una vez desmontados con la herramienta adecuada (figura 6.118) se procede a comprobarlos de nuevo.
- Con una punta del polímetro tocar en el cuerpo del calentador y con la otra en el terminal de conexión (figura 6.119). La lectura en el polímetro debería ser la anteriormente mencionada. Si por el contrario da un valor muy superior, por ejemplo 50 Ω, sería un indicativo de que el calentador debe ser sustituido (figura 6.120).

6.118. Desmontaje del calentador.

6.119. Comprobación de resistencia con el calentador desmontado.

6.120. Calentador con excesiva resistencia.

Comprobación con amperímetro y batería

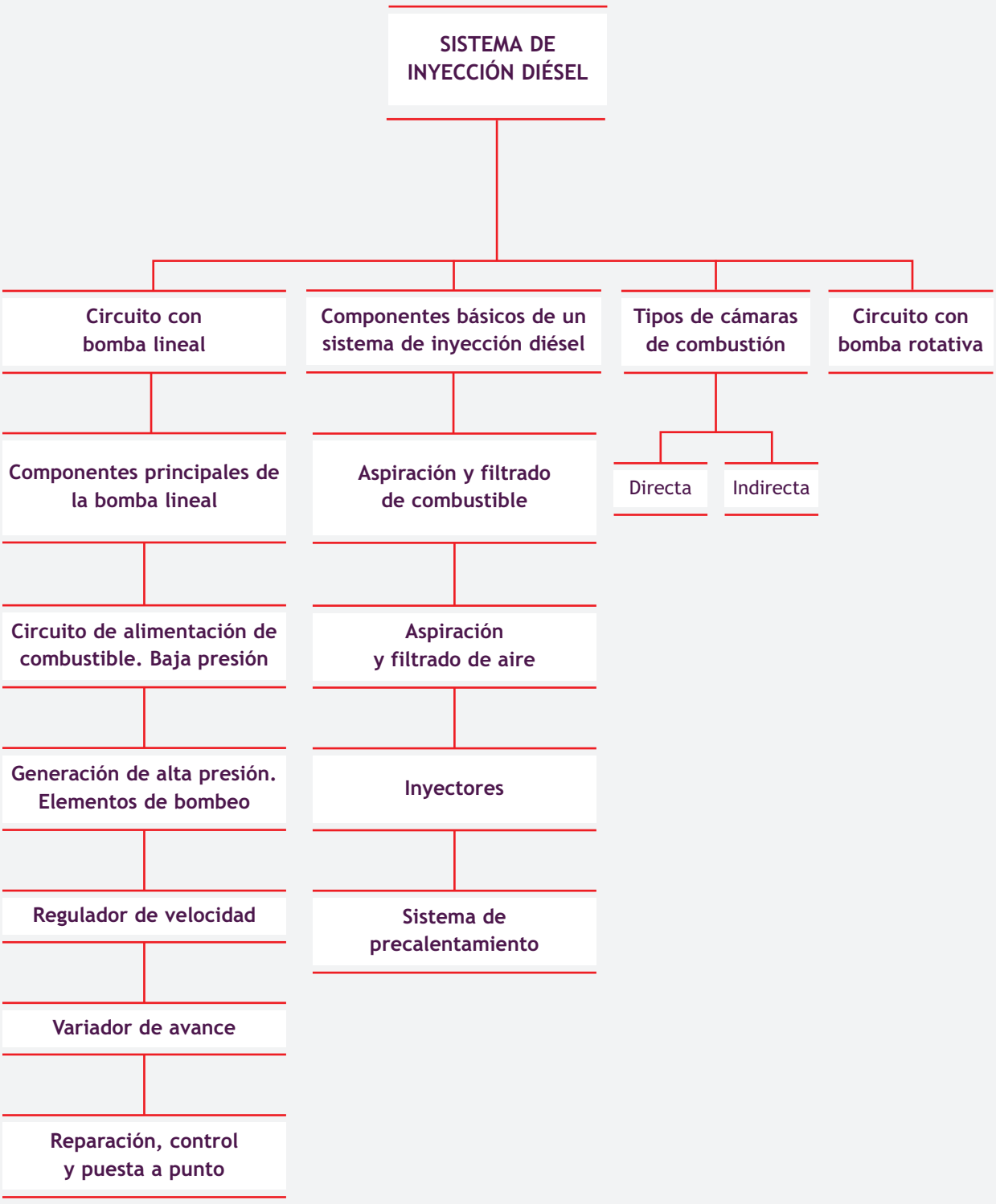
- Para comprobar el calentador mediante una batería, aplicar corriente por el extremo del calentador y con masa en su cuerpo. En este punto el extremo del calentador empezará a tomar un color rojizo. Tener precaución de no tocar el calentador incluso después de haber terminado la prueba ya que este guarda una temperatura residual que podría provocar quemaduras importantes. Además, tampoco se debe aplicar la corriente durante mucho tiempo para evitar dañar al calentador.
- Durante el anterior paso de prueba el amperímetro debe marcar unos 20 A, bajando progresivamente. Si por el contrario el calentador estuviera estropeado, el extremo del calentador no se pondría rojizo y el amperímetro no marcaría ningún consumo.

Para el proceso de montaje, el principio de enroscado del calentador se realiza de forma manual y finalmente se utiliza la llave dinamométrica para apretar el calentador hasta su posición definitiva, respetando el par de apriete adecuado.

Es imprescindible ceñirse a los pares de apriete establecidos para cada tipo de calentador y de tuerca de conexión. Si el par de apriete es excesivo, se reduce el espacio anular entre el tubo incandescente y la carcasa metálica. Esto hace que pase demasiado calor de la espiral reguladora a la carcasa metálica.

Incluso en algunos motores diésel, especialmente en los de inyección directa, en los que el calentador está muy cerca de la cabeza del pistón, un apriete excesivo podría provocar que la punta del calentador tocara con el pistón u otras partes móviles, generando daños gravísimos al motor.

Ideas clave


SISTEMA DE INYECCIÓN DIÉSEL
Circuito con bomba lineal
Componentes básicos de un sistema de inyección diésel
Tipos de cámaras de combustión
Circuito con bomba rotativa
Componentes principales de la bomba lineal
Aspiración y filtrado de combustible
Directa
Indirecta
Circuito de alimentación de combustible. Baja presión
Aspiración y filtrado de aire
Generación de alta presión. Elementos de bombeo
Inyectores
Regulador de velocidad
Sistema de precalentamiento
Variador de avance
Reparación, control y puesta a punto

BUJÍAS INTELIGENTES
CON SENSOR DE PRESIÓN DE COMBUSTIÓN

Todo motor diésel y diésel-GNC para automóviles trae algún tipo de bujía de precalentamiento. Las más avanzadas de la actualidad son las que desarrolló la empresa Beru de Alemania en colaboración con Texas Instruments. Esta avanzada bujía, que recibió un premio a la innovación tecnológica en la muestra Automechanika 2006 de Alemania, se aplicará a los automóviles de serie a partir de fines de 2007.

El motor diésel es la máquina térmica más eficiente de todos los tiempos. Fue presentada por primera vez al mundo científico por su inventor, el ingeniero alemán Rudolf Diesel (1858-1913), el 16 de junio de l897 en la ciudad de Kassel, en el curso de la Asamblea General de la Asociación de Ingenieros Alemanes. Rudolf Diesel pudo convertir en realidad su sueño gracias al firme apoyo moral, financiero y científico de la firma Maschinenfabrik Augsburg (más tarde llamada MAN). Es en Augsburg donde nació el primer diésel del mundo, hoy expuesto en el Deutsches Museum de Munich.

En la actualidad ya funcionan muchos motores para vehículos que combinan el ciclo diésel con el ciclo otto, formando las máquinas diésel-gas natural (GNC). Se inyecta una pequeña cantidad de gasoil para iniciar la combustión de la mezcla principal de aire y GNC.

Bujías inteligentes

El dilema de los diésel y diésel-gas de los vehículos actuales es que tienen que ser muy potentes y eficientes y a la vez deben tener la menor cantidad posible de elementos contaminantes, principalmente de partículas y de óxidos de nitrógeno (NOx), para cumplir con las cada vez más estrictas reglamentaciones anticontaminación que rigen en todos los países industrializados. Los fabricantes de motores se esfuerzan en concebir diferentes sistemas de combustión para los diésel-gas y los diésel con la finalidad de lograr un proceso de combustión lo más completo posible, dentro del llamado funcionamiento de «lazo cerrado», es decir, un sistema que coordina todos los parámetros de forma tal que se integran en un circuito cerrado todos los parámetros y sistemas anticontaminación.

Para lograr tales objetivos se hace necesario instalar un muy preciso sensor de presión de la combustión en el interior del cilindro. Pero esto no es fácil de conseguir, porque hay que dotar a la tapa de cilindros de otro orificio, y en los motores actuales no hay mucho espacio disponible. Ello es debido a la masiva aceptación del esquema multiválvulas, con cuatro válvulas por cilindro, dos de admisión y dos de escape. También están los inyectores electromagnéticos o piezoeléctricos que se encargan de proyectar el combustible (GNC y gasoil) en la cámara de combustión practicada en la cabeza del pistón.

La empresa Beru de Ludwigsburg, Alemania, halló la solución al problema al integrar un microsensor de la presión de combustión, del tipo piezorresistivo, a la bujía de precalentamiento diésel del tipo súper rápida. Para ello trabajó en estrecha colaboración con la firma Texas Instruments, especializada en la microelectrónica.

Al integrar en la bujía de precalentamiento el sensor de presión de combustión se utiliza un solo orificio en la tapa de cilindros, es decir, el orificio que normalmente ocupa solo la bujía. El sensor de la combustión está conectado a la computadora de gestión motriz, la que recibe los datos de los cambios cíclicos en la presión, y los procesa de modo tal que mejora el proceso de la combustión a través de un control muy exacto de la inyección de combustible.

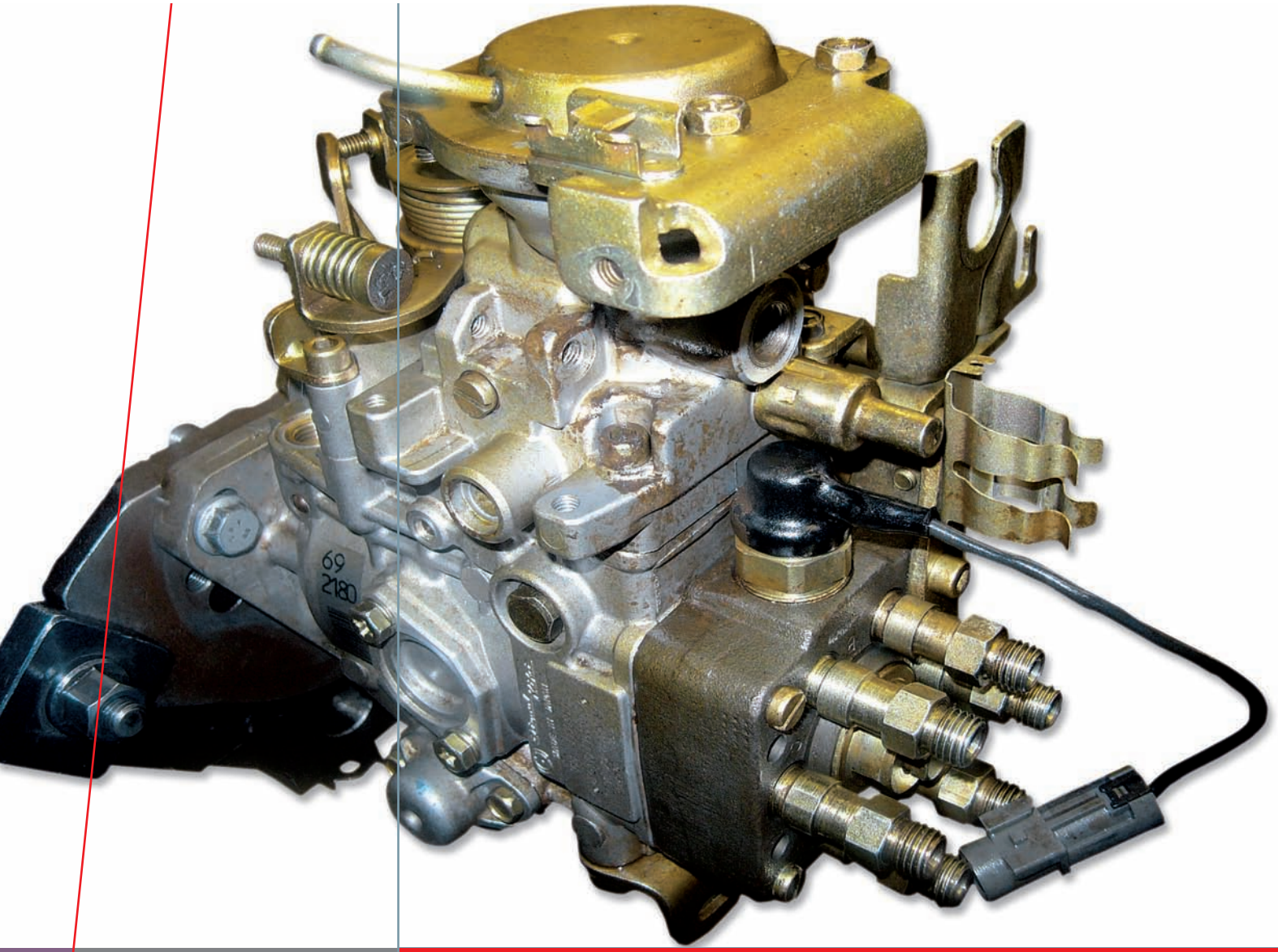
Designada como Pressure Sensor Glow Plug (PSG), es decir, bujía de precalentamiento con sensor de presión, este dispositivo de Beru garantiza por un lado un arranque súper rápido del motor, aún con temperaturas exteriores muy bajas, a la vez que monitorea constantemente el desarrollo de la combustión.

La bujía de precalentamiento (ISS Diesel Instant Start System, sistema de arranque instantáneo diésel) tiene en su extremo un tubo de acero en cuyo interior están las resistencias por las que circula la corriente que produce la incandescencia del metal.

Conclusión

Gracias a la electrónica digital y a los microsensores de altísima precisión ahora es posible integrar en las bujías de precalentamiento diésel y diésel-gas elementos detectores que ayudan a que el proceso de combustión se desarrolle de modo tal que se expulsen a la atmósfera menor cantidad de sustancias contaminantes, a la que vez que se obtienen altos valores de potencia y de par motor, y un arranque instantáneo.

Pablo Jorge Gualtieri
www. revistaintergas.com.ar.
Noviembre 2006



unidad 7

Sistemas de inyección diésel II: bomba rotativa

SUMARIO

- Estudio de la bomba rotativa BOSCH VE
- Reparación de bombas BOSCH VE
- Puesta a punto de la bomba BOSCH VE
- Estudio de la bomba Lucas rotativa DPC

OBJETIVOS

- Conocer los componentes principales de las bombas rotativas BOSCH VE y Lucas DPC y su funcionamiento.
- Realizar la puesta a punto de las bombas rotativas.
- Conocer el reglaje de las bombas rotativas sobre un banco de pruebas.

1 >> Introducción

Las bombas rotativas disponen de un único elemento de bombeo de alta presión para todos los cilindros. También se denominan bombas de inyección de distribuidor rotativo.

Existen varios modelos de bombas rotativas dependiendo de su funcionamiento:

- **Bomba rotativa VE** (figura 7.1) de la marca **BOSCH**.
- **Bomba rotativa DPC** (figura 7.2) de la marca **Lucas**.

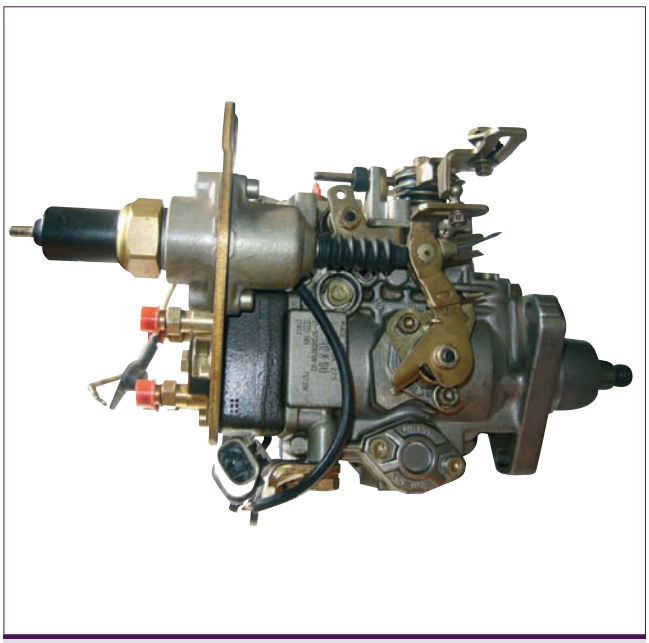
Al ser ambas muy diferentes serán explicadas en la presente unidad por separado.

Las bombas rotativas han ido sustituyendo a las bombas en línea con el paso del tiempo principalmente por los siguientes motivos:

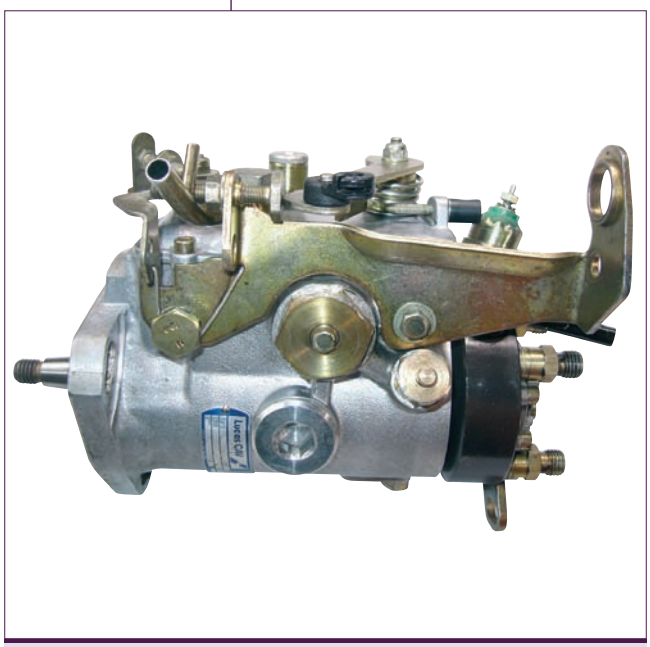
- Mayor exactitud de caudal de inyección en cada cilindro.
- Mayor velocidad de rotación máxima.
- Menor peso y menor voluminosidad.
- Más económicas.

Además de los sistemas principales con los que cuenta una bomba rotativa para su funcionamiento y con el objetivo de cumplir con unas mayores exigencias en cuanto a la dosificación de combustible y ajuste del inicio de la inyección, se han desarrollado una serie de **sistemas de adaptación**. Estos mecanismos, que en la mayoría de los casos trabajan de forma mecánica o hidráulica, hacen que las bombas sean cada vez más complejas y sofisticadas.

Principalmente se usan estas bombas de inyección rotativas en turismos, camiones, tractores y motores estacionarios.



7.1. Bomba rotativa BOSCH VE.



7.2. Bomba rotativa Lucas DPC.

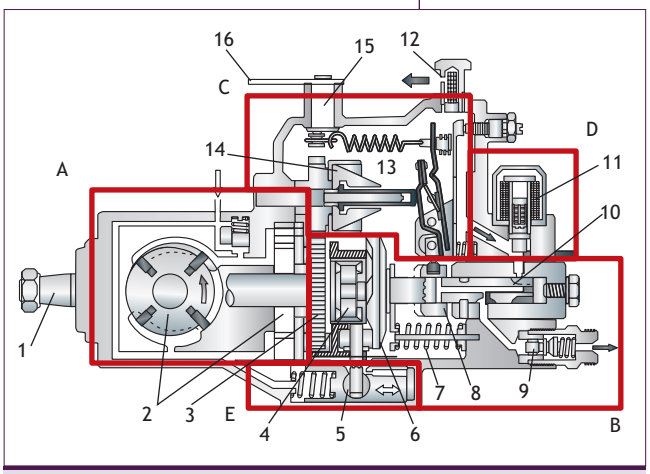
1 Eje de transición
2 Bomba de transferencia
3 Piñón de mando regulador
4 Disco de mando
5 Variador de avance
6 Plato de levas
7 Muelle del émbolo
8 Tope de descarga
9 Válvula de salida
10 Émbolo
11 Válvula de cierre electromagnética
12 Retorno

2 >> Bomba rotativa BOSCH VE

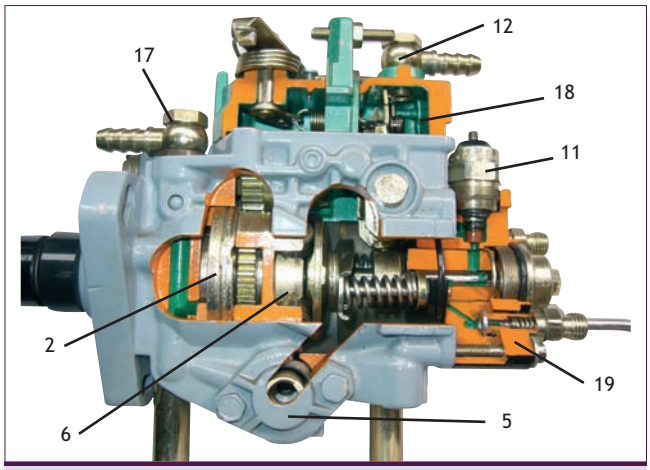
Este tipo de bomba genera la presión de inyección para todos los cilindros mediante el movimiento longitudinal de un pistón que distribuye el combustible al mismo tiempo por medio de un movimiento giratorio.

La unidad compacta de bomba se encuentra dividida principalmente en cinco grandes grupos de componentes (figura 7.3 y 7.4):

- Bomba de alimentación (A).
- Bomba de alta presión con elemento distribuidor (B).
- Regulador mecánico de velocidad (C).
- Dispositivo de parada (D).
- Variador de avance hidráulico (E).



7.3. Esquema de una bomba de inyección BOSCH VE.



7.4. Componentes principales de la bomba rotativa BOSCH.

13 Muelle del regulador
14 Contrapesos
15 Eje de palanca de control
16 Palanca del acelerador
17 Válvula de mando de presión
18 Grupo regulador
19 Cabeza distribuidora

2.1 > Alimentación de combustible

La función del sistema de alimentación es aspirar combustible y llevarlo al interior de la bomba. La cantidad de combustible admitida en el cuerpo de la bomba de inyección es superior a aquella necesaria para la inyección en los cilindros, y depende del régimen de rotación del motor.

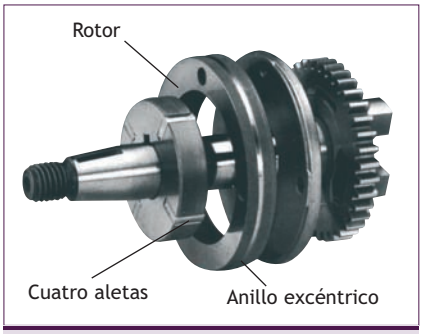
El circuito de alimentación se divide en zona de baja presión y de alta presión.

Circuito de baja presión

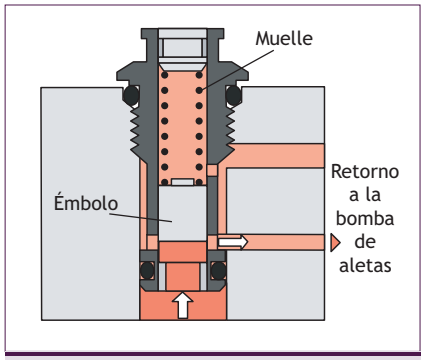
El circuito de baja presión está compuesto por los siguientes componentes:

- **Bomba de aletas.** El combustible es aspirado del depósito de combustible por la bomba de aletas (montada sobre el eje de accionamiento) y enviado al interior de la bomba de inyección. Está formada por cuatro aletas, el rotor y un anillo excéntrico (figura 7.5).
- **Válvula de control de presión.** Mantiene la presión necesaria en el interior de la bomba con el objetivo de ajustar una presión definida a un determinado régimen. Una parte de combustible retorna a través de esta válvula a la bomba de aletas (figura 7.6).

– **Estrangulador de rebose.** Situado en la parte superior de la bomba, permite el retorno de combustible al depósito a través de un orifico calibrado de diámetro reducido (0,6 mm) para su refrigeración y autopurga del aire.



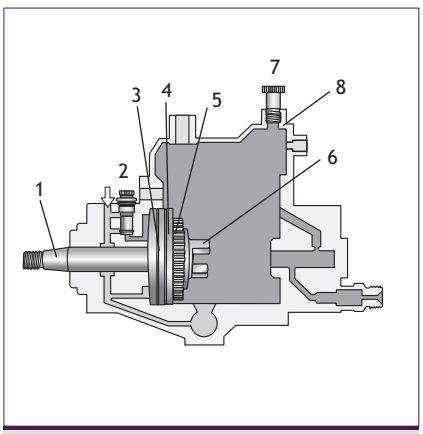
7.5. Bomba de aletas sobre eje de accionamiento.



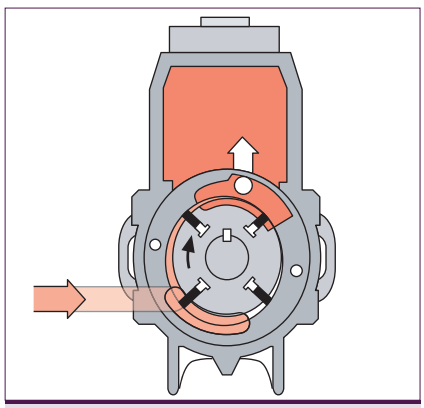
7.6. Válvula de control de presión.

La bomba de aletas recibe movimiento al estar situada sobre el eje de accionamiento (1) de la bomba, en el lado de mando (figura 7.8). Durante el giro de rotación de la bomba de transferencia (12) y por efecto de la fuerza centrífuga, las cuatro aletas (13) del rotor son presionadas hacia el exterior contra el anillo excéntrico y el combustible es transportado desde la cámara inferior (14) hasta la cámara superior (15), penetrando en el interior de la bomba de inyección a través de un taladro (figuras 7.9 y 7.10).

En un segundo taladro y al mismo tiempo, el combustible llega a la válvula de control de presión (16). En esta última, si la presión de combustible es superior a un determinado valor, el émbolo del que consta abre el taladro de retorno, que se comunica con la entrada de la bomba de aletas. La presión de apertura del taladro de retorno está determinada por el tarado del muelle de la válvula (17).



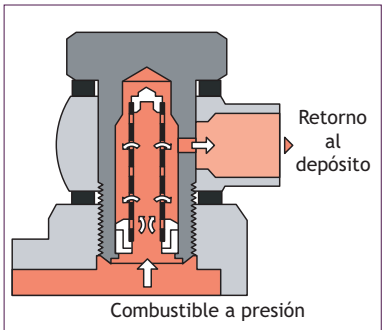
7.8. Conjunto sistema de alimentación.



7.9. Sección de la bomba de alimentación de aletas.

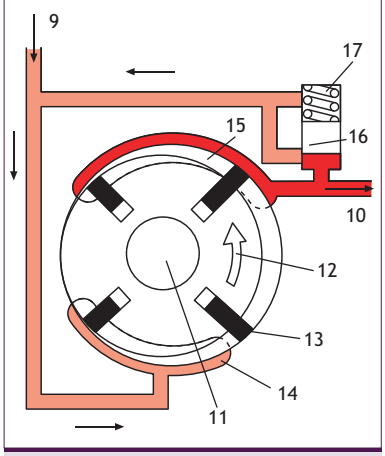
Circuito de alta presión

El grupo de alta presión (figura 7.11) tiene la misión de comprimir el gasóleo y de distribuirlo a los diferentes inyectores, en la cantidad justa y según el orden de combustión de los cilindros.

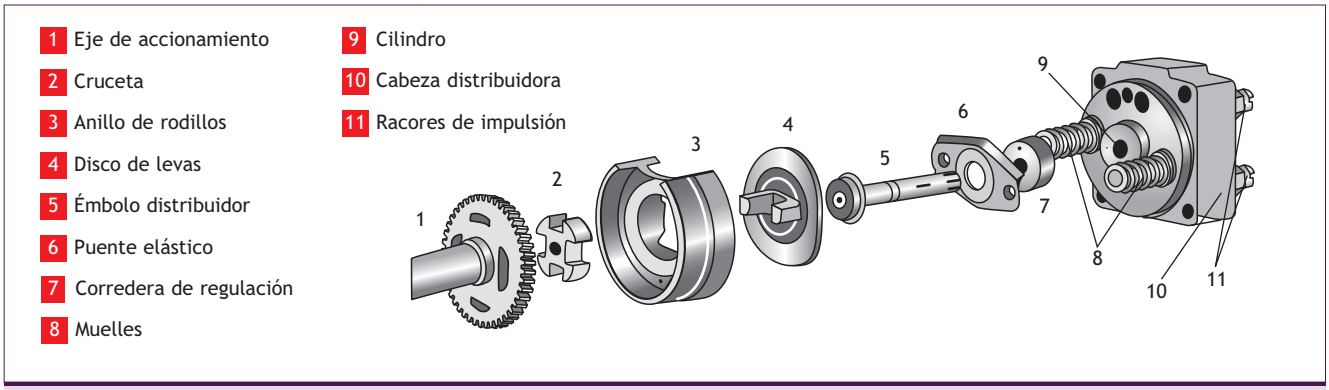


7.7. Estrangulador de rebose.

1. Eje de accionamiento
2. Válvula de control de presión
3. Anillo excéntrico
4. Anillo de apoyo
5. Accionamiento regulador
6. Garra de eje de accionamiento
7. Estrangulador de rebose
8. Cuerpo de bomba
9. Entrada de combustible
10. Salida de combustible al interior de la bomba
11. Árbol de accionamiento
12. Bomba de transferencia
13. Aletas
14. Cámara aspiración
15. Cámara impulsión
16. Válvula de control de presión
17. Muelle de presión



7.10. Esquema de la bomba de alimentación de aletas.



7.11. Despiece y montaje sobre bomba del conjunto de alta presión.

El principal elemento del grupo de alta presión es el émbolo distribuidor (5), que recibe movimiento rotacional a través del eje de accionamiento (1). Este movimiento llega al elemento distribuidor al estar unidos la cruceta (2) y el disco de levas (4) por medio del anillo portarrodillos fijo (3), aunque este se puede girar un cierto ángulo gracias al variador de avance.

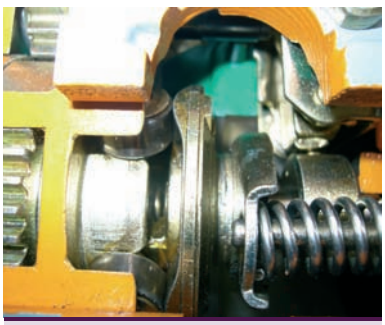
A su vez, el elemento distribuidor se une al disco de levas por medio de una pieza de ajuste y este último convierte el movimiento giratorio del eje de accionamiento en un movimiento de rotación-elevación. A su vez, el disco de levas, además de accionar el pistón distribuidor, también influye sobre la presión y la duración de la inyección en función de la elevación de la excéntrica y de la velocidad de elevación.

7.12. Émbolo distribuidor.

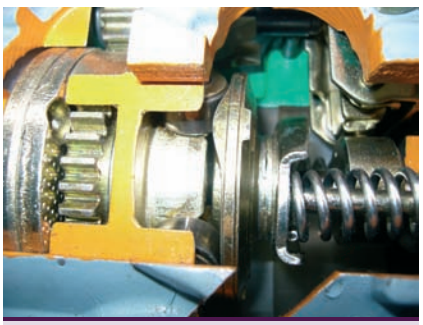
7.13. Plato de levas.

El émbolo distribuidor (figura 7.12) se encuentra alojado y guiado en un cilindro situado en el cabezal hidráulico. Su desplazamiento hasta el PMS (figura 7.14) está asegurado por el perfil de las levas del disco (figura 7.13) y su retorno hacia el PMI se efectúa por medio de los muelles antagonistas (figura 7.15) apoyados en la cabeza distribuidora de forma simétrica y el puente elástico. Estos muelles, además, tienen la función de evitar que el disco de levas salte a causa de la elevada aceleración de los rodillos del anillo, y que el émbolo salga de su posición central por la fuerza centrífuga.

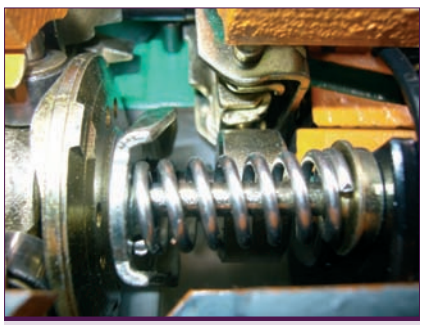
Finalmente, la posición de la corredera de regulación (figura 7.16) determina el instante de fin de envío, es decir, de dosificación del gasóleo. Esta corredera está comandada por el pedal del acelerador y eventualmente puede ser modificada por el regulador.



7.14. Posición del platillo de levas con émbolo distribuidor en su PMS.



7.15. Posición del platillo de levas con émbolo distribuidor en su PMI.



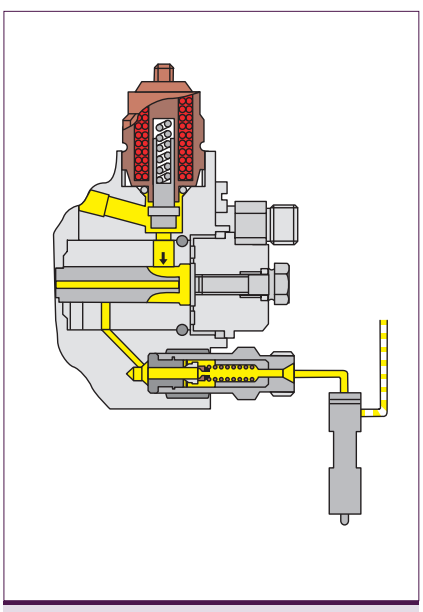
7.16. Corredera de regulación.

Dosificación de combustible

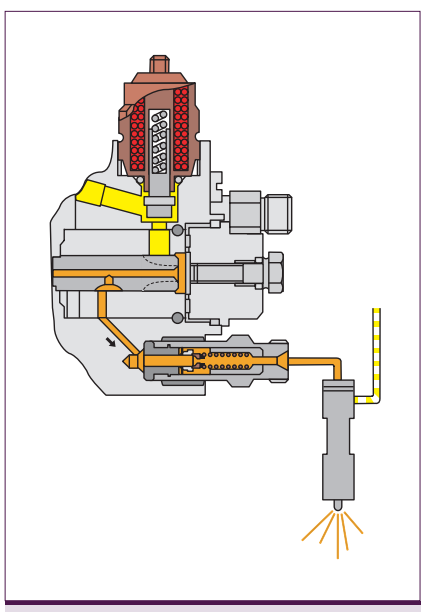
La dosificación de combustible consta de varias carreras sucesivas. El pistón distribuidor realiza, pasando del PMI al PMS y retorno, una parte de giros igual a la inversa del número de cilindros. Por ejemplo, un cuarto de giro para un motor de cuatro cilindros y un sexto de giro para un motor de seis cilindros.

La sucesión de las fases de elevación y envío del combustible es la siguiente (figura 7.17):

- **Fase A: entrada de combustible**. Con el émbolo (1) en PMI, el combustible entra al recinto de alta presión (4) a través del canal de entrada (2) y la ranura de control (3). Los conductos de salida hacia los inyectores están cerrados por la parte pulida del pistón (figura 7.18) .
- **Fase B: alimentación de combustible**. Durante la carrera ascendente de PMI hacia PMS, el émbolo tapona el canal de entrada (2), con lo que somete a presión al combustible que se encuentra en la cámara de alta presión (4). A su vez, durante el movimiento giratorio del émbolo (1) la ranura de distribución (5) coincide con uno de los orificios que tiene la cabeza distribuidora y que alimenta a uno de los inyectores (figura 7.19).
- **Fase C: fin de alimentación**. Se produce el fin de envío de combustible al inyector ya que la corredera de regulación (8) abre el orificio de descarga (7) y, por tanto, la alta presión cae bruscamente permitiendo el cierre de los inyectores. El pistón podrá hacer un recorrido útil más o menos largo dependiendo de la posición de la corredera.
- **Fase D: entrada de combustible**. Mientras el émbolo regresa al PMI en su movimiento descendente el orificio de descarga (7) se cierra, y al mismo tiempo el movimiento rotativo hace que la cámara de alta presión se vuelva a llenar de combustible.



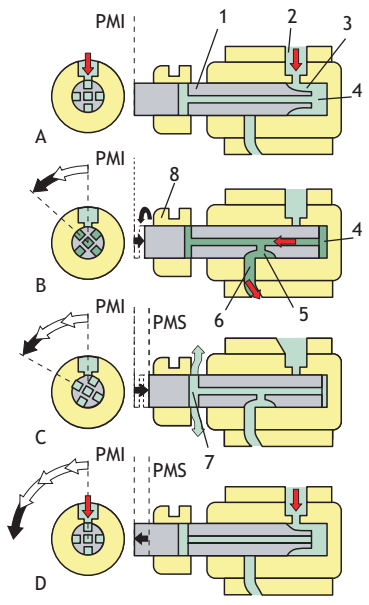
7.18. Detalle de la fase A y D sobre bomba.



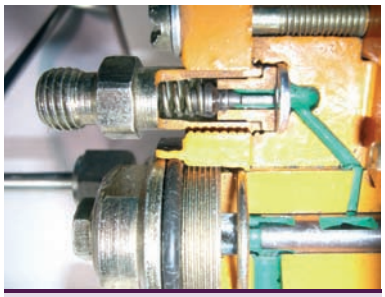
7.19. Detalle de la fase B sobre bomba.

P Práctica 12

1 Pistón distribuidor
2 Entrada de combustible
3 Ranura longitudinal
4 Cámara de alta presión
5 Ranura de distribución
6 Canal de inyección
7 Orificio descarga presión
8 Corredera de regulación
A Entrada de combustible en la cámara de alta presión
B Envío de combustible al inyector
C Fin de envío del combustible
D Entrada del combustible: inicio de una nueva fase



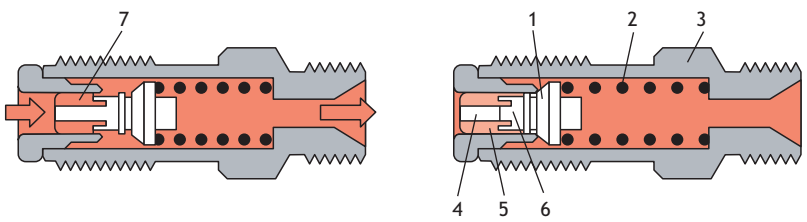
7.17. Ciclo de bombeo de la bomba rotativa BOSCH VE.



7.20. Válvula de impulsión.

Una vez que el combustible sale a presión del elemento de bombeo pasa por la **válvula de impulsión** (figura 7.20) hacia los inyectores. Esta impide que el combustible retorne desde el tubo de alta presión hacia el émbolo distribuidor y, además, hace descargar la tubería de inyección tras finalizar la fase de alimentación, extrayendo un volumen de combustible definido que produce un cierre estanco del inyector. Durante la fase de envío o alimentación de combustible, la presión aumenta y, por tanto, levanta la válvula de impulsión de su asiento (1). El combustible pasa por las ranuras longitudinales (7), que parten de la ranura anular (6), a través del racor de impulsión (3), hasta llegar finalmente después de pasar por la tubería de alta presión al inyector. Cuando cesa la fase de alimentación (orificio del émbolo distribuidor abierto), la presión desciende de tal forma que esta no es suficiente como para vencer la fuerza del muelle (2), con lo que este hace retroceder a la válvula de impulsión contra su asiento (1) (figura 7.21). Al conjunto donde se encuentran los componentes de mayor ajuste dentro del circuito de alta presión se le llama **cabeza distribuidora** (figuras 7.22 y 7.23). Debido a este ajuste preciso entre émbolo distribuidor, cabeza distribuidora y corredera de regulación, se hace indispensable en caso de sustitución el cambio del conjunto completo y nunca por separado.

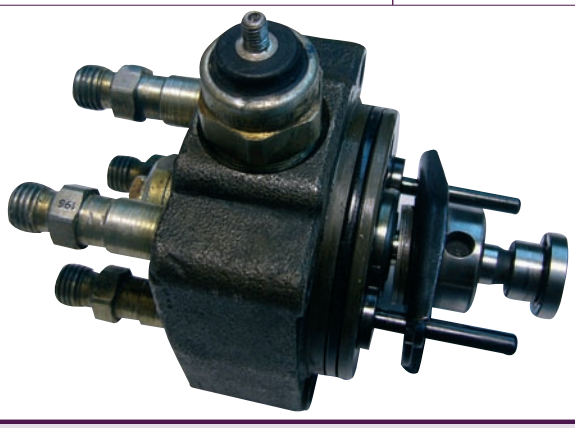
1 Asiento de válvula
2 Muelle de válvula
3 Racor de impulsión
4 Vástago
5 Émbolo de descarga
6 Ranura anular
7 Ranura longitudinal



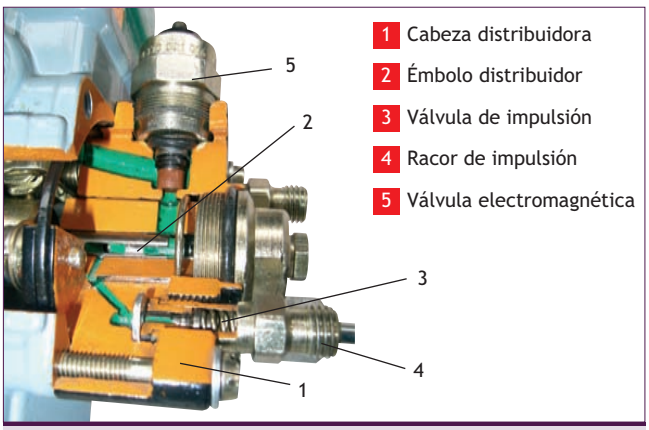
A Válvula abierta

B Válvula cerrada

7.21. Válvula de impulsión.



7.22. Cabeza distribuidora.



7.23. Sección de cabeza distribuidora.

A continuación se van a desarrollar por separado algunos de los elementos indispensables de la bomba rotativa BOSCH VE, que hacen que esta pueda llevar a cabo un funcionamiento correcto a la hora de efectuar la inyección a los cilindros.

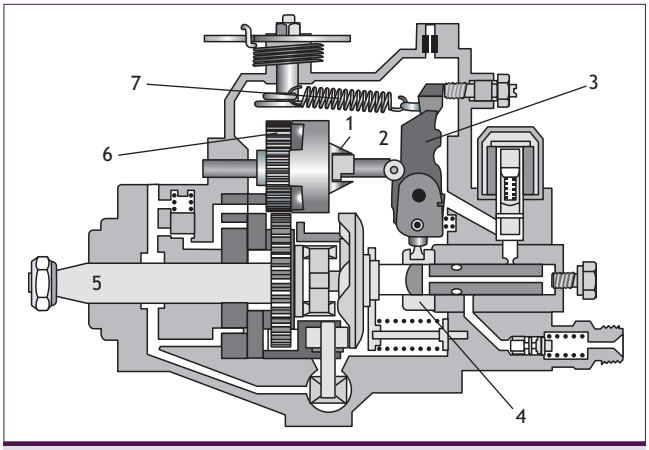
Entre estos elementos vamos a destacar los siguientes:

- El regulador.
- El variador de avance.
- Dispositivos de adaptación.

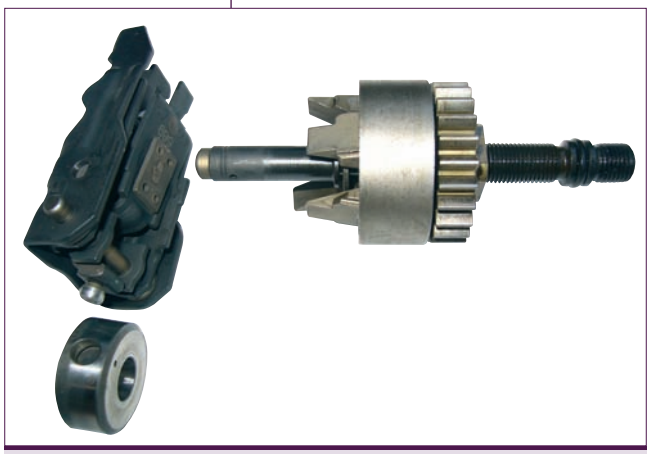
2.2 > Regulador mecánico de velocidad

La función del regulador es controlar el régimen del motor, variando cuando sea preciso el caudal de alimentación.

El grupo de regulación está compuesto por unos pesos o masas centrífugas (1) que giran, mediante un engranaje (6), por el eje de accionamiento de mando (5) y por un grupo de sistemas de palancas (3) y muelles calibrados (7). Actúa determinando la posición de la corredera de regulación (4) o, lo que es lo mismo, la duración de la inyección (figuras 7.24 y 7.25).



7.24. Componentes del sistema regulador.



7.25. Despiece de los elementos principales del conjunto regulador.

1 Masas centrífugas
2 Manguito regulador
3 Sistema de palancas
4 Corredera de regulación
5 Eje de accionamiento
6 Rueda dentada
7 Muelle regulador

Existen reguladores denominados de mínimo y máximo, que mantienen estable el régimen mínimo e impiden al motor superar el régimen máximo, y reguladores de todos los regímenes, que estabilizan el número de revoluciones en cualquier posición intermedia entre el arranque y el máximo.

Reguladores de máximo y mínimo

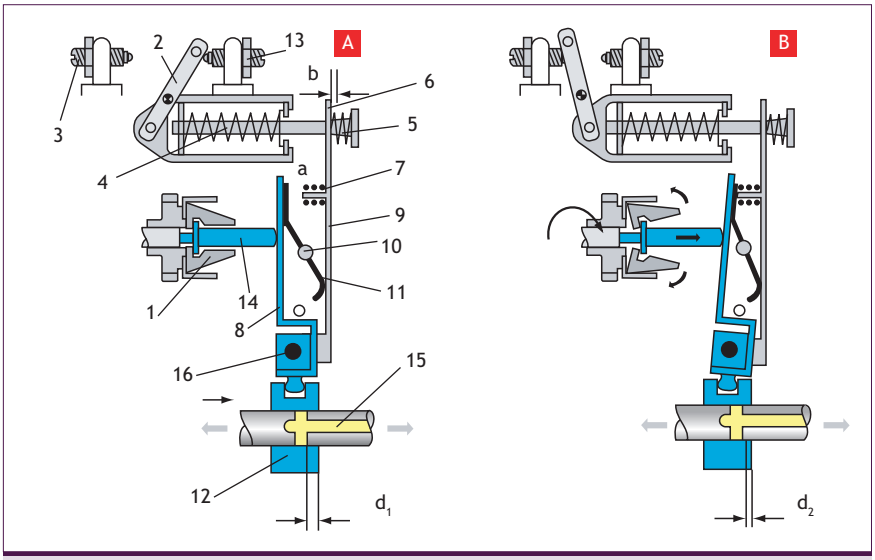
El movimiento giratorio de las masas centrífugas (1) es transformado en movimiento axial por el manguito regulador (14). La carrera del manguito regulador varía la posición del mecanismo de regulación, que está compuesto por la palanca de mando del acelerador (2), la palanca de sujeción (9) y la palanca de arranque (8).

En la parte inferior de la palanca de arranque se ha fijado una rótula (16) que está ensamblada con un perno en la corredera de regulación (12), mientras que en la parte superior se ha fijado el muelle de arranque (11). El muelle del ralentí (7) está fijado entre la palanca de arranque y la palanca de sujeción. El muelle de regulación (4) está alojado en una cápsula y está conectado a la palanca de sujeción (9) mediante su perno de fijación (6).

Durante la fase de arranque o puesta en marcha (figura 7.26.A), el manguito regulador (14) está en posición inicial porque las masas centrífugas (1)

están en reposo, por lo que el muelle de arranque (11) empuja la palanca de arranque (8) contra el manguito regulador, haciéndola girar en su punto de rotación (16). La corredera de regulación (12) del pistón distribuidor se desplaza hacia la derecha en posición de suplemento de arranque o caudal máximo. Por tanto, el pistón distribuidor debe efectuar una elevación útil mayor antes de abrir el orificio de descarga. Esta carrera del pistón determina la cantidad del suplemento de arranque.

Un número de revoluciones bajo es suficiente para empujar el manguito regulador contra el muelle de arranque. La palanca de arranque gira alrededor del pivote reduciendo el suplemento de arranque.



7.26. Posiciones de arranque (A) y marcha a ralentí (B) de un regulador de máxima y mínima.

Después de poner en marcha el motor, la palanca de mando del acelerador vuelve a la **posición de ralentí** (figura 7.26.B). Las masas centrífugas aumentan su fuerza centrífuga al aumentar levemente el régimen y empujan al maguito regulador contra la palanca de arranque (8). La regulación la realiza el muelle del ralentí (7) montado en la palanca de sujeción (9) hacia la izquierda en sentido de reducción de caudal de alimentación. En esta situación la corredera de regulación se desplaza igualmente hacia la izquierda.

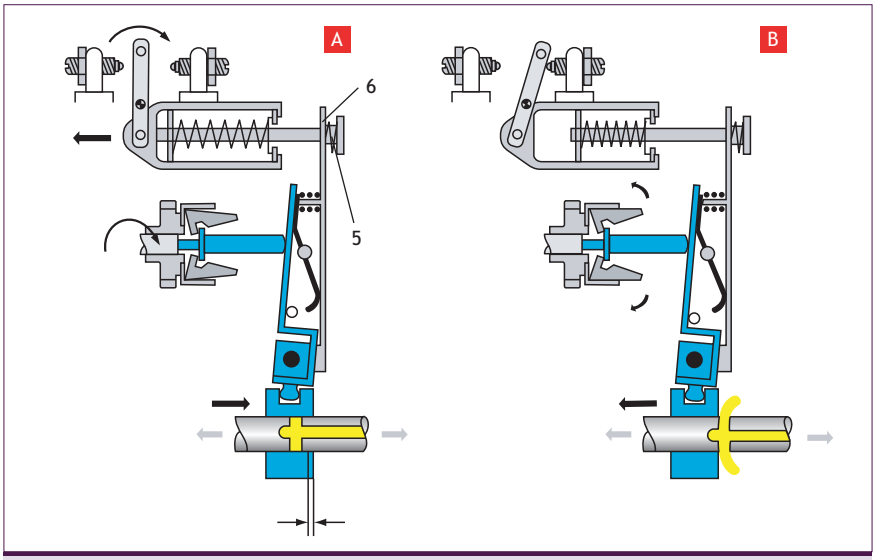
Con **funcionamiento en carga** (conductor acelerando) (figura 7.27.A) la palanca de mando (2) gira con un ángulo determinado anulando el efecto de los muelles de arranque y del ralentí, por lo que en su lugar entra a actuar el muelle intermedio (5). La rotación de la palanca tensa el muelle, por lo que la fuerza del muelle vence la fuerza centrífuga de las masas. Las palancas de arranque y de sujeción siguen el movimiento del muelle (hacia la izquierda) girando en el pivote y moviendo la corredera de regulación hacia la derecha. En consecuencia, aumenta el volumen inyectado, y esto hace aumentar el número de revoluciones por minuto.

Inmediatamente después del aumento de las revoluciones, las masas centrífugas se abren aún más hacia el exterior empujando el manguito regu-

1 Masas centrífugas
2 Palanca de control de régimen
3 Tornillo de ajuste de ralentí
4 Muelle de regulación
5 Muelle intermedio
6 Perno de fijación
7 Muelle de ralentí
8 Palanca de arranque
9 Palanca de sujeción
10 Tope de la palanca de sujeción
11 Muelle de arranque
12 Corredera de regulación
13 Tornillo de ajuste de plena carga
14 Manguito regulador
15 Taladro de control del émbolo distribuidor
16 Eje de rotación de 8 y 9
a Carrera de los muelles de arranque y de ralentí
b Carrera del muelle intermedio
d_1 Carrera útil mínima de arranque
d_2 Carrera útil mínima de ralentí

lador en dirección contraria a la fuerza ejercida por el muelle de regulación, hasta que se alcanza una posición de equilibrio.

Si la palanca de mando gira todavía más, en dirección de plena carga, por encima de un cierto punto, cesa el efecto del muelle intermedio al hacer tope el perno de fijación (6) y la palanca de sujeción es desplazada hacia la izquierda en su parte superior, empezando así el régimen de los campos no regulados. Por tanto, el desplazamiento de la palanca de mando del acelerador que decide el conductor es transmitido directamente a la corredera de regulación por el mecanismo de regulación en sentido de máximo caudal.



7.27. Posiciones de aceleración/carga parcial (A) y carga máxima/corte de combustible (B) de un regulador de máxima y mínima.

Finalmente si el motor se encuentra en carga máxima (figura 7.27.B), con la posición de la palanca de control de régimen sin ser modificada, se produce un aumento de las revoluciones del motor. En este caso la fuerza centrífuga aumenta y se produce una separación de las masas centrífugas que obligan al manguito regulador a desplazarse contra las palancas de arranque y de sujeción. Este efecto produce que se venza la tensión del muelle de regulación (se comprime) cuando se ha desplazado el perno de fijación hacia la derecha. Todo esto consigue llevar a la corredera de regulación en sentido de menos caudal alcanzándose el régimen máximo posible. El muelle de regulación se comprimirá siempre y cuando se alcance el número máximo de revoluciones estipulado por el fabricante.

Regulador de todo régimen

En este tipo de reguladores se pueden dar diferentes posiciones dependiendo del régimen de funcionamiento.

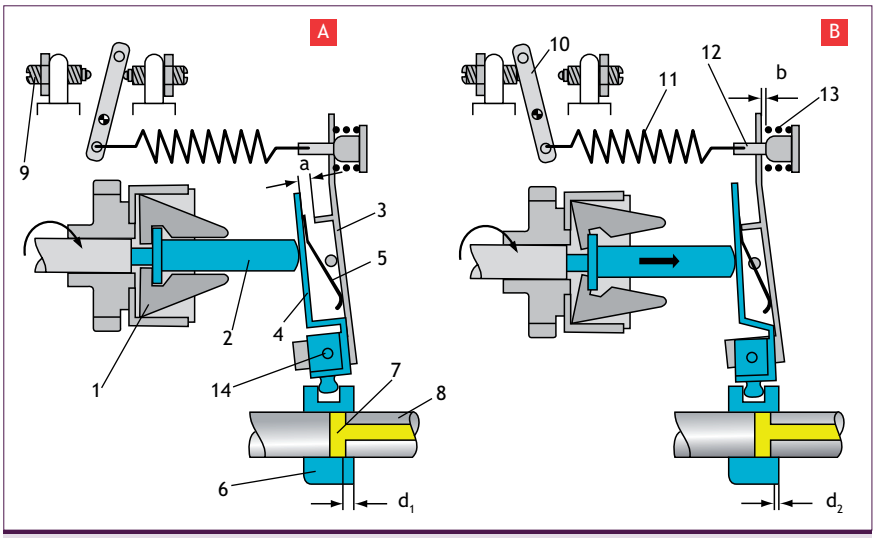
En **posición de arranque** (figura 7.28.A) los pesos centrífugos (1) están en posición de reposo y el acelerador se desplaza en dirección de máxima velocidad. La tensión del muelle del regulador desplaza la palanca tensora (3) hacia la izquierda, con lo que el muelle de arranque (5) comprime la palan-

ca de arranque (4), que pivota sobre el eje (14) al mismo tiempo que desplaza al manguito regulador (2) hacia su posición extrema de la izquierda.

Por otra parte, la palanca (4) empuja a la corredera de regulación (6) hacia la derecha, hasta su posición de suministro máximo, para facilitar el arranque.

Con **funcionamiento a ralentí** (figura 7.28.B) y la palanca de control de velocidad (10) situada contra el tope de ralentí, el efecto de regulación se obtiene mediante el equilibrio de las fuerzas ejercidas entre el muelle de ralentí (13) y los contrapesos del regulador centrífugo. En esta posición, el muelle de ralentí empuja a la palanca de tensión (3) hacia la izquierda, la cual desplaza a la palanca de arranque (4) contra el manguito regulador (2) que, por otro lado, es empujada hacia la derecha por la acción de los contrapesos. Es decir, el equilibrio entre la fuerza ejercida por el muelle de ralentí y la fuerza centrífuga actuante en los contrapesos determina la posición del tope de control y la entrega de combustible para la velocidad de ralentí.

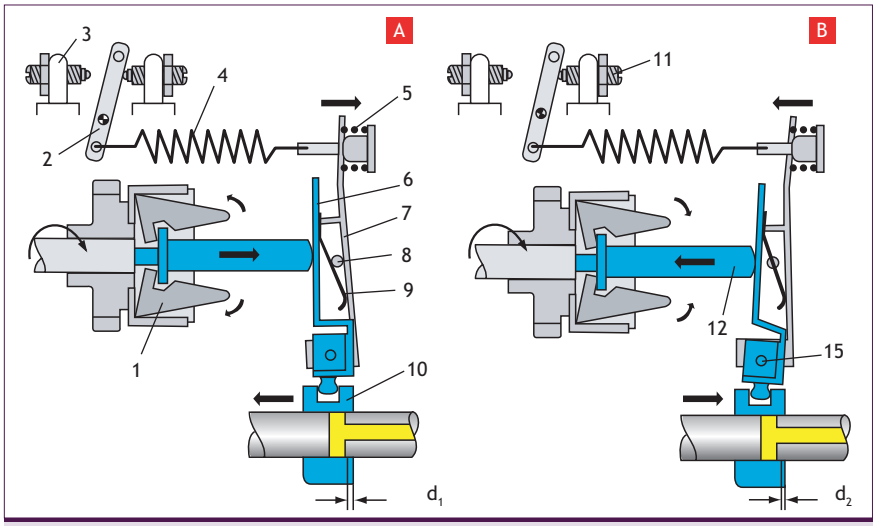
1 Pesos centrífugos
2 Manguito regulador
3 Palanca tensora
4 Palanca de arranque
5 Muelle de arranque
6 Corredera de regulación
7 Taladro de mando del émbolo distribuidor
8 Émbolo distribuidor
9 Tornillo de ajuste régimen del ralentí
10 Palanca de control de todo régimen
11 Muelle de regulación
12 Perno de fijación
13 Muelle de ralentí
14 Punto de giro para 4 y 5
a Carrera del muelle de arranque
b Carrera del muelle de ralentí
d_1 Carrera útil máxima, arranque
d_2 Carrera útil mínima, ralentí



7.28. Esquema del regulador de todo régimen en posición de arranque (A) y ralentí (B).

Con el **motor girando a alta velocidad** (figura 7.29) la palanca del acelerador se encuentra en la posición de máxima velocidad y el muelle del regulador (4) se tensa. Además, el muelle de ralentí (5) se comprime de tal forma que la parte saliente de la guía del mismo toca en la palanca de tensión (7), siendo esta desplazada a la izquierda, pivotando (15) y comprimiendo el muelle de arranque (9) hasta que el tope (8) se apoya contra la palanca de arranque (6), que en esta situación pivota también sobre el muelle (15). Con esto, el extremo inferior de la palanca de arranque desplaza al tope de control (10) hacia la derecha, aumentando la entrega de combustible al motor y, por consiguiente, la velocidad del mismo. Esta velocidad seguirá aumentando hasta que la fuerza de las masas centrífugas actúen contra la palanca de arranque por medio de la camisa deslizante, y entonces se igualen a la fuerza del muelle del regulador, que está actuando sobre la palanca de tensión y la de arranque. En esta posición, el tope de control retrocede ligeramente para disminuir la entrega de combustible (figura 7.29.A).

Por tanto, se puede deducir que el equilibrio de fuerzas es determinado por la posición de la palanca del acelerador y la fuerza centrífuga de las masas. La variación de uno de los anteriores elementos modifica la posición del tope de control y, por tanto, la entrega de combustible al motor.



7.29. Esquema del regulador de todo régimen con efectos de los cambios de velocidad.

A Al aumentar el régimen
B Al descender el régimen
1 Pesos centrífugos
2 Palanca de control de régimen
3 Tornillo de ajuste del régimen de ralentí
4 Muelle de regulación
5 Muelle de ralentí
6 Palanca de arranque
7 Palanca tensora
8 Tope de la palanca tensora
9 Muelle de arranque
10 Corredera de regulación
11 Tornillo de ajuste plena carga
12 Manguito regulador
13 Taladro de control del émbolo distribuidor
14 Émbolo distribuidor
15 Eje de giro de 6 y 7
d_1 Carrera útil de media carga
d_2 Carrera útil de plena carga

2.3 > Variador de avance

La función del variador de avance es variar la posición angular del anillo portarrodillos respecto del eje de mando en función del número de revoluciones del motor, alejándolo siempre en dirección «avance» al aumentar la velocidad, para así compensar los retardos de inyección e inflamación.

El variador del avance de la inyección es de tipo hidráulico y va situado en la parte inferior del cuerpo de la bomba de inyección perpendicular a su eje longitudinal (figura 7.31).

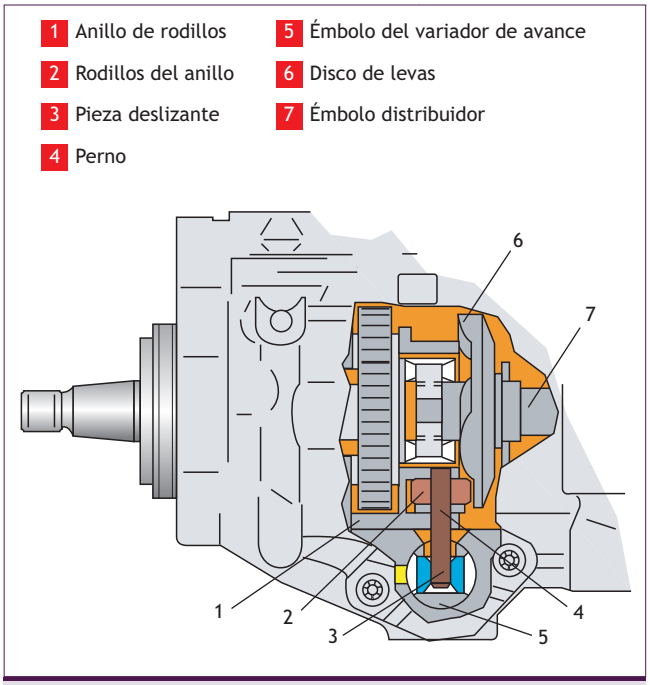
Está compuesto por un émbolo (5) con un muelle de reacción que, mediante una rótula, está conectado al anillo portarrodillos (1) (figura 7.31 Y 7.32).

Durante el funcionamiento (figura 7.33), la presión del combustible en el interior de la bomba se regula en relación al número de rpm mediante la válvula de control de presión junto con el estrangulador de rebose. Por tanto, la presión del combustible creada en el interior de la bomba se aplica por el lado del émbolo (7) opuesto al muelle (9) del variador de avance.

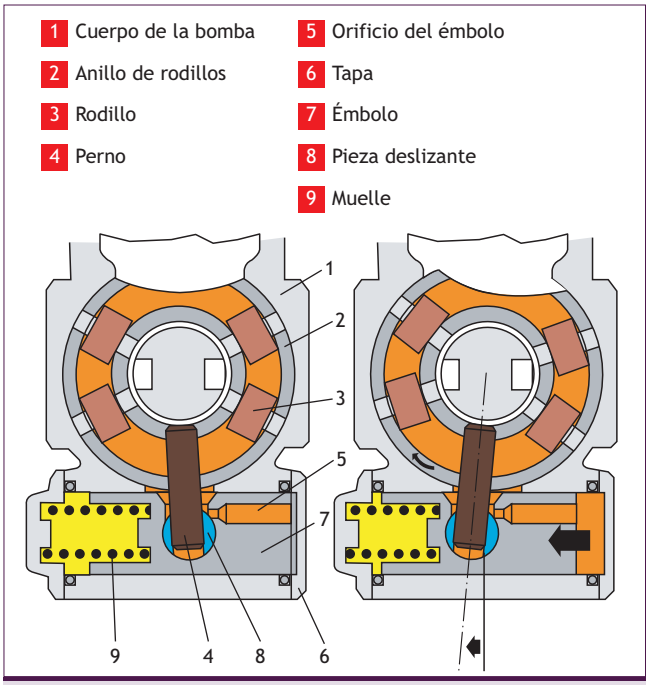
A partir de un determinado número de revoluciones, la presión del combustible procedente del interior de la bomba vence la fuerza del muelle empujando el émbolo hacia la izquierda (el desplazamiento será mayor cuantas más revoluciones alcance el motor). Este desplazamiento axial del émbolo es transmitido, mediante un perno (4) y un patín (8), al anillo portarrodillos giratorio (2), que al girar cambia su puesta en fase con el disco de levas (giran en sentido contrario). En consecuencia, los rodillos (3) levantan con antelación el disco rotante de levas, anticipando la carrera de elevación y de envío del pistón distribuidor.

7.30. Ubicación variador de avance.

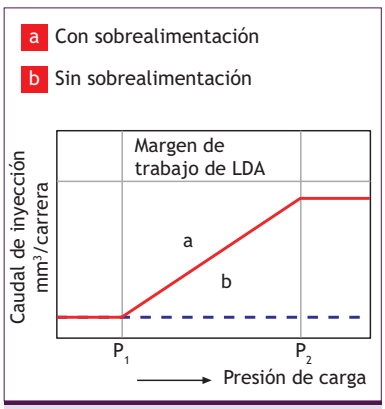
7.31. Anillo portarrodillos.



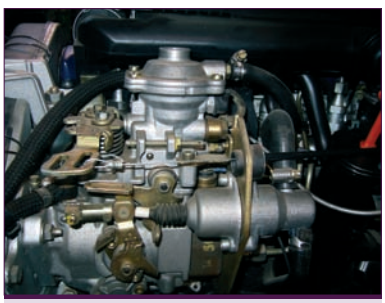
7.32. Disposición del variador de avance en la bomba rotativa.



7.33. Funcionamiento del variador de avance.



7.34. Adaptación del caudal de inyección a la presión de carga.



7.35. Ubicación del sistema de adaptación de la presión de carga LDA.

2.4 > Dispositivos de adaptación

Los dispositivos de adaptación se sitúan en la bomba de inyección, según las exigencias, con el fin de mejorar el suministro de combustible o el avance de la inyección en presencia de parámetros o situaciones particulares del motor (arranque en frío, presión de sobrealimentación, altitud, temperatura, etc.) para mejorar los valores de par, potencia, consumo y contaminación.

Adaptación de la presión de carga. Tope de plena carga según la presión de carga (LDA)

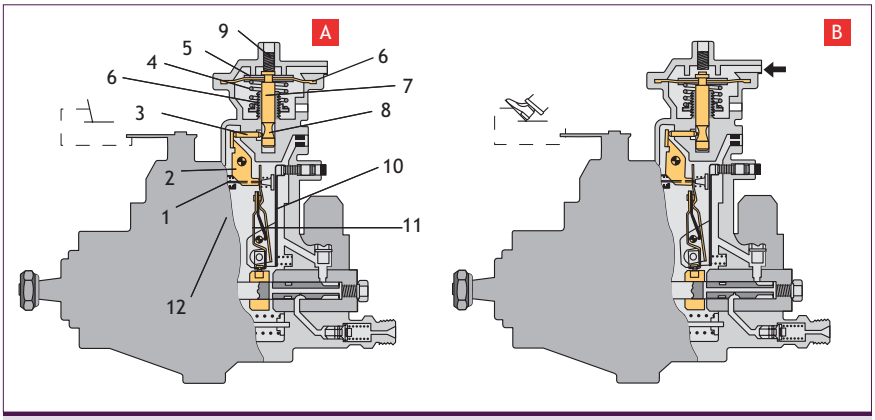
Este sistema se utiliza en motores sobrealimentados, y se encarga de adaptar el caudal de alimentación de plena carga a la presión de carga. En la figura 7.34 se puede observar que al alcanzar el motor una presión de carga determinada (P1) el sistema LDA aumenta el caudal de alimentación a medida que crece la misma. Por encima de una presión de carga (P2) el caudal de alimentación deja de aumentar para mantenerse estable.

Va montado en la parte superior de la bomba, con una conexión en su parte superior para la presión de sobrealimentación y el orifico de purga (figura 7.35).

El dispositivo está compuesto por una cápsula de corrección (figura 7.36), dividida por una membrana elástica (5) en dos compartimentos estancos; el compartimento superior está conectado al colector de admisión (13) mediante un tubo flexible. Contra la membrana actúa un muelle de compresión (6), cuyo extremo opuesto se apoya contra una tuerca de regulación (4). La membrana está acoplada al perno de control (7). El perno de control tiene un extremo cónico sobre el que se desliza y palpa un pasa-

dor guía (3) en forma de clavija. El pasador transmite los desplazamientos del perno de control a la palanca de tope (2), que hace un movimiento de giro alrededor de (12), actuando de esta forma sobre la palanca de sujeción (10) y de arranque (11) del grupo regulador de la velocidad.

En el campo de los **regímenes bajos,** la presión de sobrealimentación generada por el turbocompresor no es suficiente para vencer la fuerza del muelle antagonista, por lo que la membrana se queda en la misma posición de equilibrio.



7.36. Esquema del sistema de adaptación para plena carga en ralentí/carga parcial (A) y en plena carga (B).

Al **aumentar la presión de sobrealimentación**, esta empuja a la membrana hacia abajo junto con el perno de control. El movimiento del perno provoca el desplazamiento del pasador que, mediante el movimiento giratorio que se produce en 12, hace girar la palanca de sujeción y de arranque. Esto determina el desplazamiento de la palanca de sujeción que, a su vez, acciona la corredera de regulación, aumentando el caudal del combustible.

El muelle de regulación (1) hace que mediante su fuerza de tracción la palanca de sujeción, la de tope, el pasador guía y el cono de control se hagan solidarios.

Si la presión de sobrealimentación desciende, el muelle de compresión empuja el perno de control hacia arriba, produciéndose un movimiento de palancas inverso a lo anteriormente explicado. Con ello se reduce el caudal de combustible.

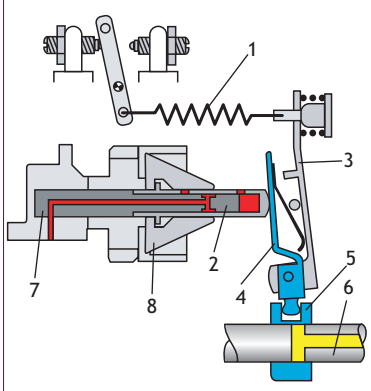
Adaptación en función de la carga. Comienzo de la alimentación en función de la carga (LFB)

Su objetivo es el de adaptar el inicio de la inyección o alimentación de combustible al estado de carga del motor para conseguir un funcionamiento más suave del motor (menor sonoridad). Esto se consigue modificando el manguito regulador, el eje regulador y el cuerpo de la bomba (figura 7.37).

El manguito regulador (4) (figura 7.38) consta de un taladro transversal adicional (3) y otro de lubricación (8), y el eje regulador lleva un orifi-

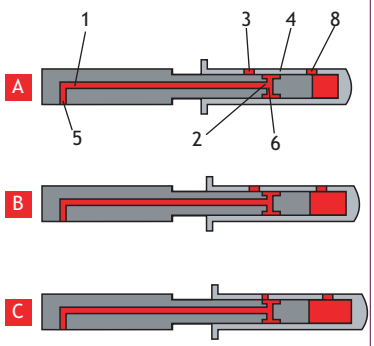
1 Muelle de regulación
2 Palanca de tope
3 Pasador guía
4 Tuerca de ajuste
5 Membrana
6 Muelle de compresión
7 Perno de control
8 Cono de control
9 Tornillo de ajuste del caudal de plena carga
10 Palanca de sujeción
11 Palanca de arranque
12 Eje de giro de 3
13 Presión colector de admisión

1 Muelle de regulación
2 Manguito regulador
3 Palanca de sujección
4 Palanca de arranque
5 Corredera de regulación
6 Émbolo distribuidor
7 Eje regulador
8 Masas centrífugas



7.37. Conjunto regulador para adaptación del comienzo de alimentación en función de la carga.

1 Orificio longitudinal del eje regulador
2 Borde de mando del eje regulador
3 Orificio transversal del manguito
4 Manguito regulador
5 Orificio transversal
6 Orificio transversal del eje regulador
A Posición de arranque (inicial)
B Poco antes de la apertura
C Apertura, reducción de la presión en el recinto interior



7.38. Posiciones del manguito regulador dotado de LFB.

cio longitudinal (1) así como dos transversales (5 y 6). Por su parte, el cuerpo de bomba cuenta con un orifico más en comunicación con el orificio 5, que sirve para comunicación con la bomba de alimentación de aletas.

Recordando que el variador de avance desplaza el plato portarrodillos en sentido de avance según se aumentan las revoluciones del motor, se puede conseguir mediante la LFB un retraso o avance relativo, según se explica a continuación.

Según se va **aumentando de revoluciones** las masas centrífugas se desplazan hacia la periferia, desplazando el manguito regulador (4) hacia la derecha. Con un manguito sin adaptación se reduciría el caudal de alimentación, pero con regulación por LFB (manguito adaptado), cuando el borde de mando del eje regulador (2) se pone en comunicación con el orificio del manguito regulador (3), el combustible fluye por el orificio (5) a la zona de aspiración de la bomba de alimentación (posición C), disminuyendo así la presión interna de la bomba y, por tanto, actuando el variador de avance en sentido de «retraso» de inyección.

Por el contrario, **si disminuye el régimen** del motor (por aumento de carga) o estamos en el momento de arranque (posición A) el manguito regulador (4) se desplaza hacia la izquierda de forma que los orificios del manguito y eje regulador ya no coinciden quedando estos tapados. En esta posición la presión interna de la bomba aumenta y el variador de avance actúa en sentido de «avance».

Técnica

7.39. Prueba de estanqueidad del sistema LDA.

Comprobar la estanqueidad de una bomba inyectora con sistema LDA

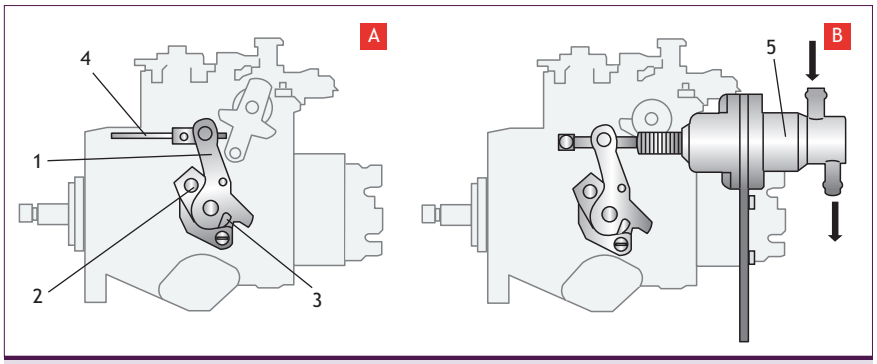
•• En primer lugar se adaptará un vacuómetro a la toma de entrada de la LDA y al aplicarle presión o depresión esta se debe mantener estable. Si esto no fuera así, se debe sustituir el sistema LDA (figura 7.39).

Adaptación para arranque en frío. Acelerador mecánico de arranque en frío KSB

Este sistema acoplado permite mejorar el funcionamiento del motor en frío desplazando el comienzo de la alimentación en sentido de avance.

El control del sistema puede ser de **forma manual** (figura 7.40.A) donde la corrección se realiza por medio de un cable accionado desde el interior del

habitáculo por el conductor, o de **forma automática** (figura 7.40.B), donde una **cápsula termostática** actúa en función de la temperatura del motor.



7.40. Acelerador de arranque en frío: por control manual (A) y control automático (B).

La cápsula termostática (el sistema más utilizado) va situada en un lateral del cuerpo de la bomba (figura 7.41). El dispositivo consta de una palanca de control (1) que puede ser accionada por la cápsula termostática (5) que, como hemos dicho anteriormente, está sometida a la temperatura del líquido refrigerante del motor. La posición inicial de la palanca de tope la define el tope y el muelle con patas (7), tanto en el sistema manual como automático. Según la figura 7.42 la ranura longitudinal (4) labrada en el anillo portarrodillos (5) se aloja la rótula excéntrica (3) formada en el extremo del eje de mando (6), cuya posición de reposo está impuesta por el muelle (7).

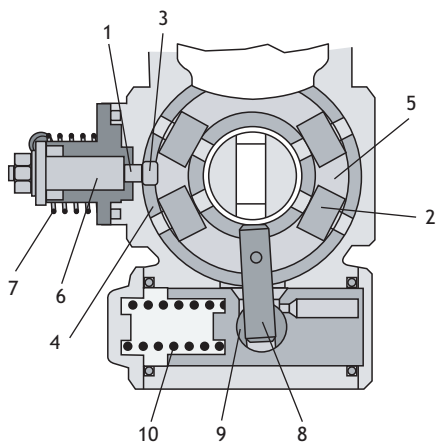
Dependiendo de la temperatura del motor, el sistema actuará de la siguiente forma:

- Cuando el **motor está frío**, la cápsula termostática se contrae, tirando de la palanca tope y el árbol, así como de la palanca interior con la rótula. Esto produce que todos giren y, como consecuencia, gire también el anillo de rodillos en **sentido de avance**.
- Según se va **calentando el motor**, la cápsula se va dilatando, produciendo el movimiento contrario al explicado durante el estado frío del motor. La palanca de control recupera así su posición inicial hasta la de **avance cero**.

De lo anteriormente expuesto se puede concluir que siempre se va a poder ajustar el comienzo de la alimentación, tanto en arranque en frío como en fase de calentamiento o arranque en caliente.

1 Palanca de control
2 Tope
3 Muelle con patas
4 Cable
5 Cápsula termostática

7.41. Bomba rotativa con acelerador mecánico de arranque en frío con cápsula termostática.



1 Palanca de control
2 Rodillo del anillo
3 Rótula excéntrica
4 Ranura longitudinal
5 Anillo de rodillos
6 Árbol
7 Muelle con patas
8 Perno
9 Pieza deslizante
10 Muelle del variador de avance

7.42. Funcionamiento del acelerador mecánico de arranque en frío.

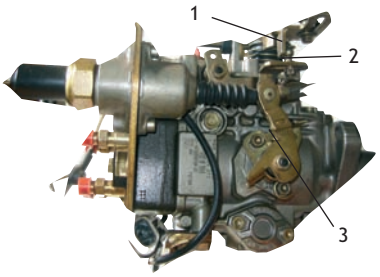
Elevación del ralentí en función de la temperatura. TLA

Es un sistema que se puede combinar con el dispositivo KSB automático, en el cual se ha prolongado la palanca de control KSB (3) y se la ha dotado en su parte superior de una rótula (2) (figura 7.43).

1 Palanca de control de régimen

2 Rótula

3 Palanca de control KSB



7.43. Bomba rotativa con elevación de ralentí en función de la temperatura.

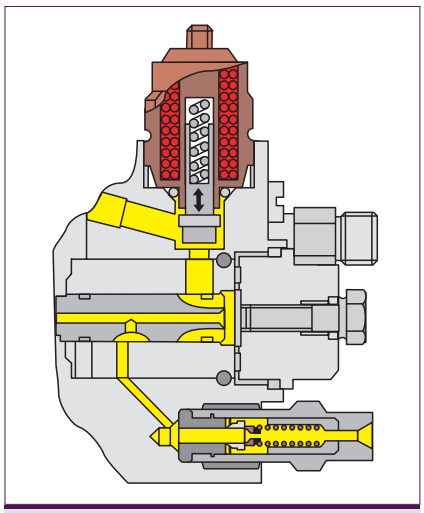
Con el motor frío, la cápsula termostática desplaza a la palanca de control y esta a la rótula, que es presionada contra la palanca de control de régimen (1) separándola de su tornillo de tope de ralentí, con lo que se produce una elevación del régimen y un funcionamiento más estable del motor.

Dispositivo de parada eléctrico. ELAB

Este sistema corta la alimentación de combustible de forma instantánea por medio de una válvula electromagnética (figura 7.44) que va situada en la parte superior de la cabeza distribuidora.

Con el motor en marcha se dice que la válvula está conectada, ya que su electroimán y su aguja dejan libre el orificio de entrada a la cámara de alta presión (figura 7.45). Cuando desconectamos la llave de contacto la bobina del electroimán queda sin corriente y la aguja cae sobre su asiento cortando la alimentación de combustible.

7.44. Válvula electromagnética ELAB.



7.45. Dispositivo de parada eléctrico.

Acelerador hidráulico de arranque en frío

Este sistema, acoplado en un lateral de la bomba (figura 7.46) consiste en aplicar al émbolo del variador de avance la presión existente en el interior de la bomba, con lo que se consigue elevar la presión en este y por consiguiente, una corrección en el sentido de avance en los momentos de bajo régimen durante el arranque en frío. Para conseguir este efecto se actúa sobre el control automático de presión del interior de la bomba a través de un canal en by-pass emplazado en la válvula de mantenimiento de presión.

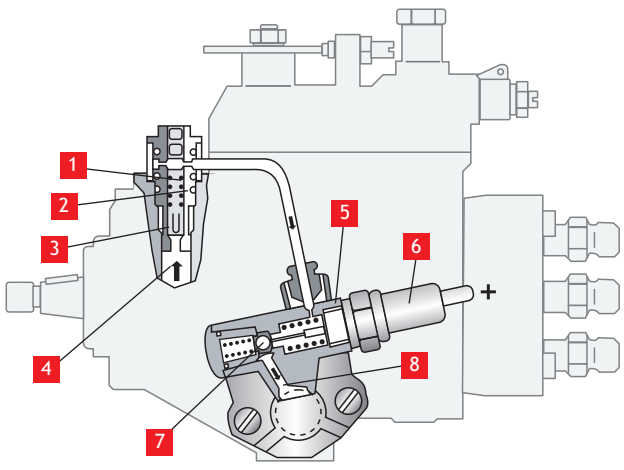
El sistema cuenta con una válvula de control y otra de mantenimiento de la presión, además de un elemento dilatable con calefacción eléctrica (figura 7.47).

Para conseguir el aumento de presión y, por tanto, el avance con motor frío, el émbolo de válvula (2) de la válvula de control de presión (1) lleva un orificio estrangulador (3) a través del cual se consigue una mayor pre-

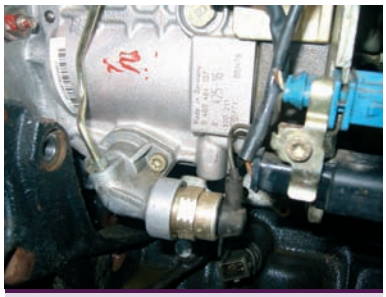
sión en el interior de la bomba mientras la válvula de mantenimiento (5) intercalada detrás está cerrada.

Con el motor en marcha la válvula de mantenimiento de la presión se abre por medio del elemento dilatable con calefacción eléctrica (6), de forma que el combustible pueda circular sin presión.

1 Válvula de control de presión
2 Émbolo de válvula
3 Orificio estrangulador
4 Presión en el interior
5 Válvula de mantenimiento de la presión
6 Elemento dilatable con calefacción eléctrica
7 Válvula de bola
8 Combustible sin presión (válvula de bola abierta)



7.47. Acelerador hidráulico de arranque en frío.



7.46. Ubicación del acelerador hidráulico de arranque en frío.

Técnica

Comprobaciones oportunas sobre una válvula ELAB

- Revisar su conector y comprobar que le llega la corriente eléctrica sin dificultad. Si no es así, se comprobará el valor de la resistencia para verificar que no existe discontinuidad o cortocircuito en los cables.
- Si la llegada de corriente es correcta, se desmontará la electroválvula, que se encuentra en la parte alta del cabezal hidráulico.
- Comprobar la resistencia eléctrica del electroimán de la electroválvula. Si esta tuviera alguna irregularidad, se procederá a su sustitución (figura 7.48).
- Cada vez que se sustituya una electroválvula también se sustituirá su junta tórica para asegurar la estanqueidad de la misma.

7.48. Comprobación de la resistencia de una válvula electromagnética de paro.

Cilindro de referencia para la puesta a punto

La puesta a punto se realiza refiriéndose a un solo cilindro que, en general, es el número 1, si bien es cierto que todos los otros resultarán automáticamente puestos a punto.

2.5 > Reparación de bombas BOSCH VE

A la hora de reparar una bomba de inyección es imprescindible la utilización de una documentación precisa. En la mayoría de las reparaciones, el desmontaje total de la bomba no es siempre necesario, salvo que se vaya a realizar una revisión completa de la misma.

Durante la intervención es recomendable verificar la bomba en el banco de pruebas con el fin de determinar la causa de la anomalía. La reparación o el ajuste se podrá efectuar sobre la base de los resultados obtenidos.

El desmontaje, la verificación, el montaje y los ajustes de la bomba deben realizarse por personal cualificado, utilizando el utillaje especializado y el banco de pruebas prescrito.

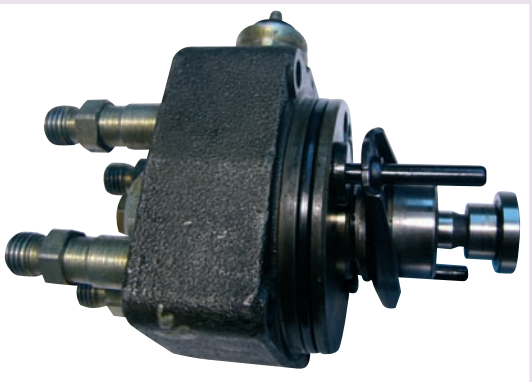
Técnica

Preparación para el desmontaje

- Limpiar la bomba mediante el uso de disolventes.
- Quitar el tapón de inspección y vaciar la bomba si es necesario. Extraer y tirar el anillo tórico del tapón.
- Fijar la bomba en posición horizontal sobre la placa soporte que determine el fabricante.
- Retirar los precintos (hilo, plomo, tubo termorretráctil, pintura, etc.) y las protecciones.

Preparación para el montaje

- Lavar cuidadosamente todas las piezas con aceite de pruebas limpio y, a continuación, examinar visualmente todas las roscas, ranuras, taladros, etc.
- Antes de proceder al montaje, examinar una a una las piezas para detectar defectos eventuales o desgastes. Principalmente se examinarán las siguientes piezas:
  - **Émbolo distribuidor**. Verificar que el émbolo esté libre de golpes, rayaduras y que las rampas del mismo se encuentren bien afiladas. Además, deberá deslizar sin dificultad sobre la corredera de regulación y cabeza distribuidora (figura 7.49).
  - **Anillo de rodillos**. Verificar el correcto deslizamiento de los rodillos, así como su aspecto. Sustituir en caso de que presente desgaste o rayaduras.
  - **Disco de levas**. Comprobar el estado de las levas. Si estas presentasen diferencias entre ellas motivadas por el desgaste, el disco deberá ser sustituido (figura 7.50).
  - **Palanca de regulación y corredera de regulación**. Comprobar el perfecto estado del conjunto de palancas del regulador, así como su correcto encaje en el orificio de la corredera de regulación (figura 7.51).



7.49. Verificación de deslizamiento del émbolo distribuidor.

- Sustituir todas las juntas y arandelas por piezas nuevas del juego de juntas.
- Todas las piezas y juntas serán sumergidas en aceite de pruebas limpio, con la excepción de los anillos tóricos, que serán engrasados antes del montaje.
- Todos los aprietes se realizarán a su par correspondiente, conforme a la tabla del final del manual.

Nota: este apartado de reparación de bomba se aplica de igual forma para bombas rotativas Lucas DPC.

7.50. Verificación del anillo de levas.

7.51. Verificación de la palanca y corredera de regulación.

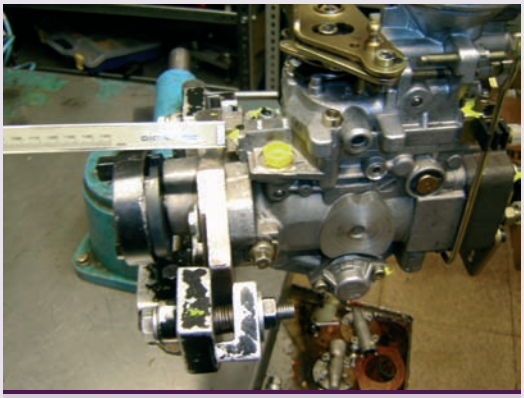
Técnica

Otros procedimientos de comprobación

A continuación se detallan las operaciones más importantes que se han de realizar sobre la bomba rotativa en sus diferentes dispositivos de adaptación:

Reglaje del eje del regulador

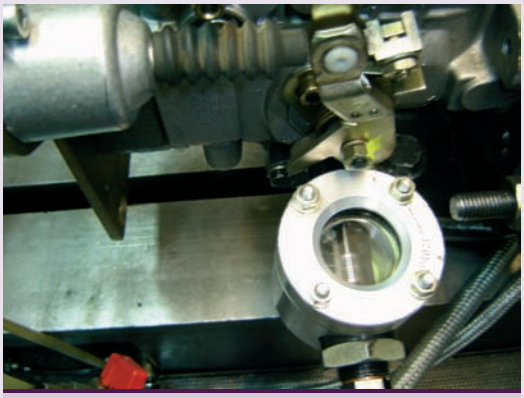
- Se deben dar las vueltas necesarias al eje regulador hasta que enrosque y alcance la distancia fijada en la hoja de ensayos. Esta distancia es la existente desde la brida del cuerpo hasta la parte frontal del eje regulador (figura 7.52).
- Se aprieta y se fija el eje regulador al par estipulado por el fabricante.



7.52. Reglaje del eje del regulador.

Reglaje del acelerador de arranque en frío con mando térmico KSB

- Se trata de hacer girar el árbol motriz de la bomba en el sentido de giro hasta que se note resistencia. Esta resistencia tiene lugar en el momento en el que la leva roza al rodillo.
- En esa posición, la palanca de mando debe descansar levemente sobre el anillo de rodillos.
- Se debe ajustar la escuadra de tope a la medida fijada respecto de la palanca de mando.
- Seguidamente, se hace girar el árbol motriz en dirección contraria y después en la dirección de giro hasta que la leva se eleve y se pueda verificar el ajuste de la escuadra.



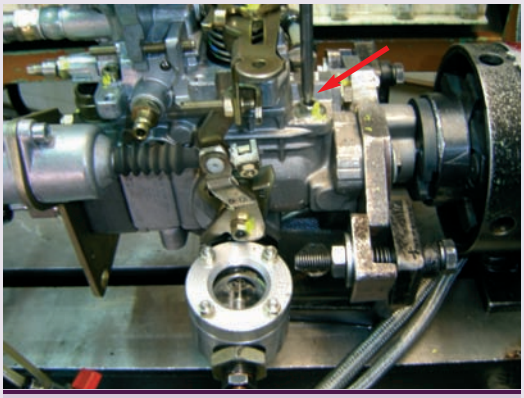
7.53. Equipo de medición de la carrera del variador de avance.

Reglaje de la carrera del variador de avance y la presión de la bomba de alimentación

Si se indica en la hoja de ensayos, se deberá impulsar el LDA con presión de carga. Además, para ello es necesario

conectar el dispositivo de medición de carrera del variador de avance (figura 7.53):

- Según el régimen señalado en la hoja de ensayo, se deberá conseguir la presión de la bomba de alimentación y la carrera del variador de avance.
- Si no se alcanzasen los datos del paso anterior, se regulará la presión de la bomba de alimentación. Esta operación se lleva a cabo mediante el útil específico en la misma válvula, tal y como aparezca detallado en las instrucciones de uso (figura 7.54).
- Para modificar la carrera del variador de avance es necesario variar la tensión previa del muelle en el variador por medio del tornillo de ajuste o de arandelas que tengan la misma finalidad.



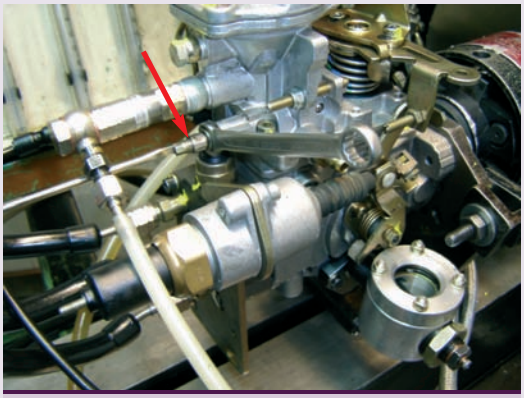
7.54. Reglaje de la presión de la bomba de alimentación.

Reglaje del caudal de plena carga con presión de carga

- Para llevar a cabo esta operación se debe mover la palanca de mando hasta su posición máxima.
- Seguidamente, se gira el tornillo y se ajusta el caudal de plena carga con presión de carga, siempre según los valores fijados en la hoja de ensayos (figura 7.55).

Medición del caudal de arranque automático

- Se lleva la palanca de mando hasta el tope de ralentí.
- Se sitúa, de nuevo, la palanca de mando en el tope de régimen nominal.
- Se procede a la medición del caudal de arranque al régimen establecido por la hoja de ensayos.
- Si no se obtiene el caudal de arranque deseado puede ser debido a una definición incorrecta de la carrera de arranque del manguito regulador.
- Para solucionar esta situación se debe compensar la diferencia de medida con un tapón situado en el manguito regulador. En este caso es necesario desmontar el grupo regulador.



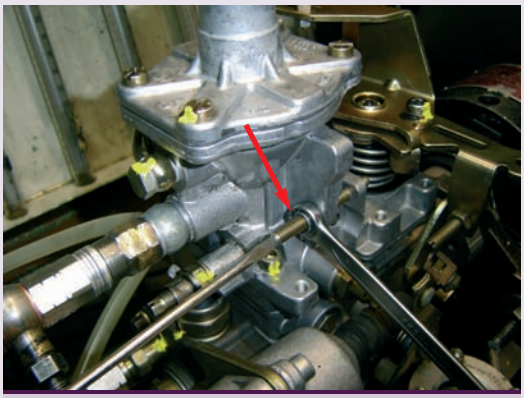
7.55. Reglaje del caudal de plena carga con presión de carga.

Medición del caudal de rebose

En primer lugar se situará la palanca de mando en su tope máximo para, a continuación, proceder a medir en una probeta el caudal de rebose al régimen indicado. En el caso de que no se corresponda con el prescrito es necesario cambiar la válvula de rebose.

Corte de combustible

- Se sitúa la palanca de mando en su tope y se comprueba cuál es el caudal al régimen indicado en la hoja de ensayos.
- Será necesario regular el tornillo tope-palanca siempre que los valores obtenidos no se correspondan con los de la hoja de ensayos (figura 7.56).



7.56. Reglaje del tornillo tope-palanca para el control de caudal.

2.6. > Puesta a punto

La puesta a punto es la operación necesaria para sincronizar el movimiento de la bomba de inyección con el eje motor. El inicio del envío de combustible puede ser demasiado anticipado o demasiado retrasado, por lo que se debe regular de manera muy precisa la posición relativa del elemento de bombeo (milímetros de preelevación) respecto a la posición (en grados) del eje motor variando eventualmente la posición del cuerpo de la bomba en su fijación al motor.

Para una exacta puesta a punto se deben tomar las referencias de los datos técnicos facilitados por las casas constructoras.

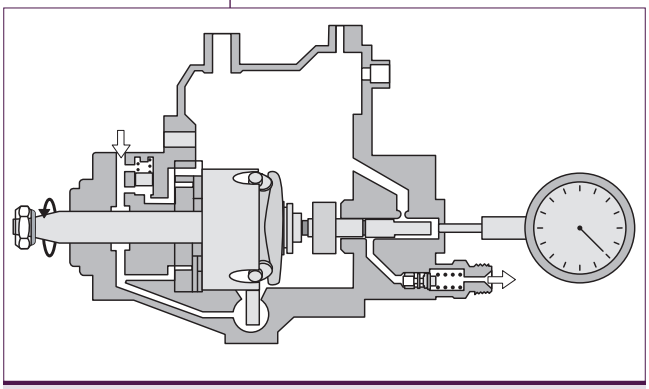
Los pasos para realizar una perfecta puesta a punto de la bomba de inyección son los siguientes:

- Averiguar el sentido de giro de la bomba y cigüeñal.
- Verificar la exacta puesta a punto de la distribución.
- Girar manualmente el eje motor, en su sentido normal de rotación, hasta llevar el pistón del cilindro número 1 al PMS del final de la compresión.
- Determinar la salida de alta presión de la bomba hacia el cilindro número 1 del motor.
- Situar la chaveta del eje de accionamiento de la bomba hacia el cilindro 1.
- Si la bomba dispone de sistema de arranque en frío por cápsula termostática, eliminar la acción de este dispositivo.
- Al situar la bomba sobre el motor en sus marcas de referencia, asegurarse de que esté apretada solo una de las tuercas de fijación de la bomba, precisamente la más accesible. Dejar flojas las otras dos.
- Quitar el tapón central del cabezal hidráulico y colocar en su lugar el correspondiente soporte portamedidor con reloj comparador, asegurándose que el medidor del comparador está en contacto con la cabeza del pistón distribuidor a 2-3 mm de precarga (figura 7.57).
- Girar el eje motor en el sentido contrario al normal hasta que el pistón distribuidor alcance su PMI, es decir, mínima lectura indicado en el reloj comparador.
- Poner a cero el reloj comparador.
- Girar la carcasa de la bomba en sentido contrario al de rotación hasta visualizar en el reloj comparador el valor prescrito por el fabricante (este valor depende de las características internas de la bomba y del tipo de motor al que se aplica). También se puede girar el eje motor en el sentido de rotación hasta que la marca del volante de inercia coincida con la fija de avance situada en la campana de fricción y verificar en el reloj comparador que el pistón distribuidor ha efectuado el recorrido establecido por el fabricante.
- Si fuera preciso corregir el avance, desplazar el cuerpo de la bomba de su ubicación (bien hacia el motor o hacia el exterior del motor), y repetir los pasos anteriormente descritos (figura 7.58).
- En este punto, fijar completamente la bomba al motor y unir los tubos de alta presión a la propia bomba según el orden de inyección.

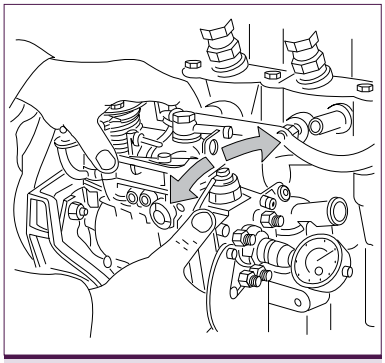
P Práctica 13

Tipos de válvulas de mantenimiento de presión

Las válvulas de mantenimiento de presión de las diferentes versiones de bomba son distintas. No se deben intercambiar.



7.57. Montaje del reloj comparador sobre la bomba.



7.58. Giro de la bomba para conseguir el avance.

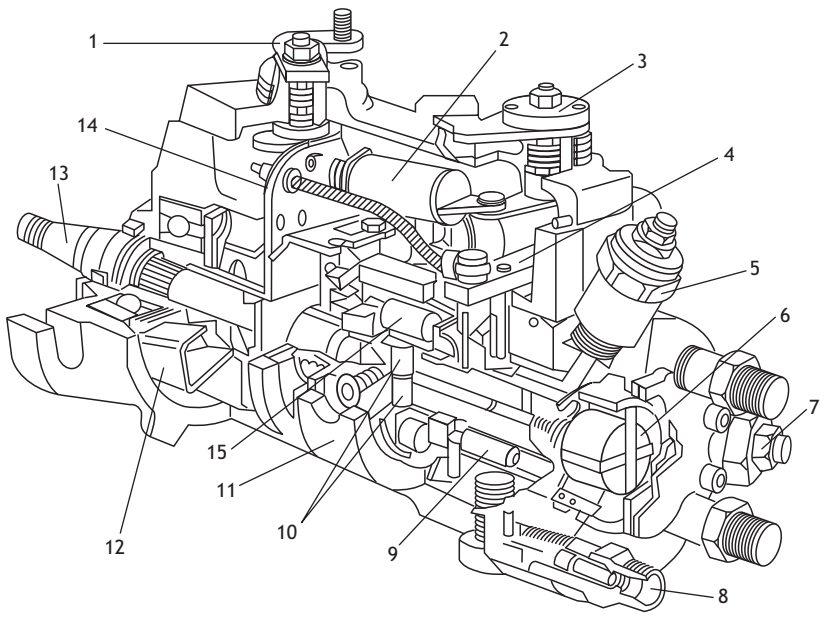
3 >> Bomba LUCAS tipo DPC

La bomba DPC, al igual que la bomba BOSCH VE, presenta las mismas ventajas que las bombas lineales.

Es de tipo distribuidor rotativo y se presenta como un conjunto compacto y estanco que no necesita ningún sistema de lubricación anexo. La lubricación se efectúa por el gasóleo filtrado, que es aspirado por una bomba de transferencia que lleva el combustible al interior de la bomba a una presión variable según la velocidad de rotación del motor.

El sistema (figura 7.59) cuenta con un elemento de bombeo único, compuesto de dos pistones opuestos (10) incorporados al rotor distribuidor. Este rotor gira sobre un conjunto fijo llamado cabeza hidráulica. Cada pistón está en contacto, por medio de un conjunto patín portarrodillo y rodillo (15), con las levas interiores de un anillo de levas (11).

1. Palanca de ralentí
2. Muelle regulador
3. Palanca de mando del acelerador
4. Válvula dosificadora
5. Válvula de corte
6. Bomba de transferencia
7. Válvula de caudal de arranque
8. Válvula de presión
9. Émbolo de caudal de arranque
10. Émbolo de alta presión
11. Anillo de levas
12. Regulador centrífugo
13. Eje de mando
14. Palanca reguladora
15. Rodillo



7.59. Esquema de una bomba rotativa de inyección Lucas DPC.

El caudal de combustible llega al interior de los pistones según la posición de una válvula dosificadora (4). Por tanto, existe un dosificado de precisión, llegando el volumen de combustible necesario al elemento de bombeo, que es distribuido a cada uno de los inyectores en el orden previsto en el momento oportuno a través de un sistema de canales taladrados en el rotor y la cabeza hidráulica.

Un dispositivo de avance automático es incorporado por la bomba, el cual hace variar el principio de inyección en función de la velocidad de giro y eventualmente de la carga del motor.

La bomba incorpora un regulador mecánico centrífugo (12), que permite un control preciso del régimen del motor.

Además la bomba puede incorporar un dispositivo de corrección de caudal, para las aplicaciones con motor sobrealimentado.

3.1 > Presión de transferencia

El combustible es aspirado del depósito por medio de una bomba de transferencia y enviado al interior de un elemento de bombeo a la presión de transferencia a través de una válvula reguladora de presión y una válvula dosificadora (figura 7.60).

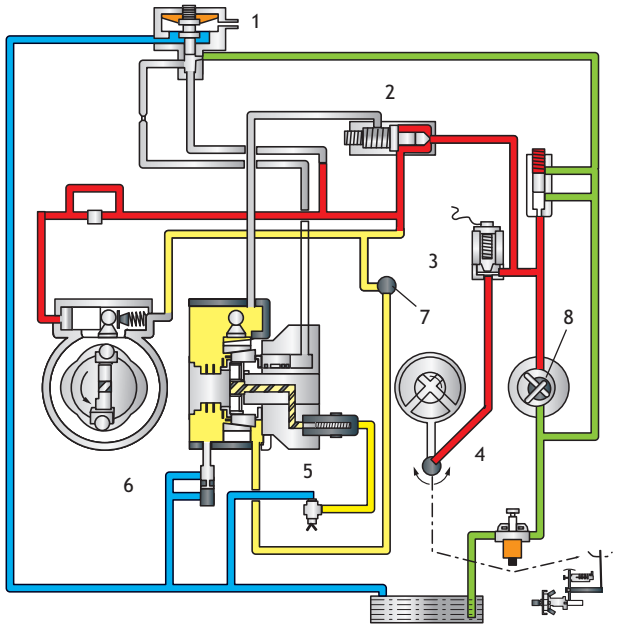
Bomba de transferencia

Es una bomba del tipo volumétrica aspirante e impelente, compuesta de un rotor (1), de una excéntrica (3) y de dos palas rígidas (figura 7.61). Su misión es llevar la presión de alimentación a un nivel más elevado y variarla en función de la velocidad de rotación de la bomba de inyección.

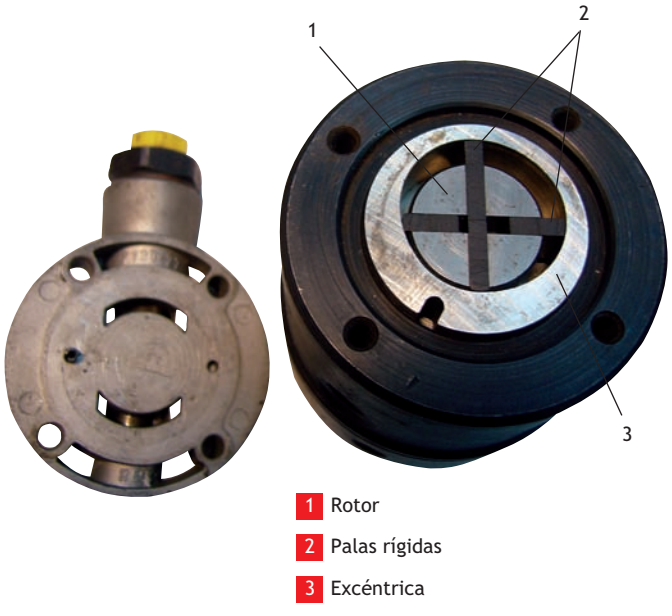
El rotor de la bomba de transferencia va roscado en el extremo del rotor de la cabeza hidráulica. Acciona las dos palas rígidas, que se deslizan por el perfil interno y excéntrico de la excéntrica, provocando variaciones de volúmenes y generando variaciones de presión.

Válvula reguladora de la presión de transferencia

Está compuesta de un cuerpo (4) en el que se aloja el pistón (2) y un muelle de regulación (3) cuya precarga es ajustada por un tornillo exterior (5). El muelle de cebado (1) mantiene al pistón en su posición inicial (figura 7.62).



7.60. Circuito de combustible de una bomba Lucas DPC.



7.61. Lado aspiración bomba de transferencia.

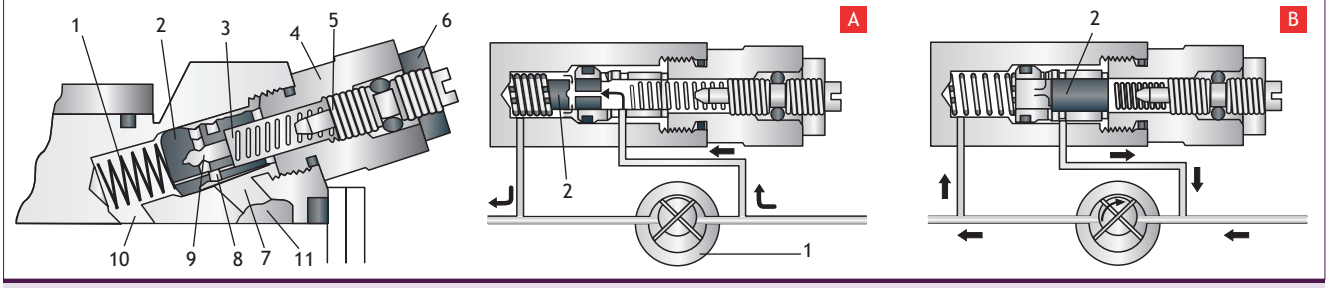
Se encuentra integrada en la cabeza hidráulica y asume tres funciones distintas:

- Crear la presión de transferencia.
- Controlar la presión en función de la velocidad de rotación.
- Permitir el cebado del circuito de dosificación si es necesario.

Durante **el cebado** (figura 7.62.B) con motor parado se produce el desplazamiento del pistón (2) que comprime al muelle de cebado (1) poniendo en comunicación el canal de unión (10) y la ranura de alimentación (11). Por tanto se deriva el combustible de la bomba de transferencia.

Con el **aumento de régimen del motor** (figura 7.62.A) se genera un aumento de la presión de transferencia. El pistón (2) se desplaza descubriendo progresivamente los orificios de regulación (8), por lo que el combustible regresa al lado de aspiración de la bomba de alimentación y se controla así la subida de la presión de transferencia que va hacia el cabezal.

1 Muelle de cebado
2 Pistón
3 Muelle de regulación
4 Cuerpo
5 Tornillo exterior
6 Tuerca de bloqueo
7 Canal de cebado
8 Orificios de cebado
9 Canal de unión
10 Ranura de alimentación
A Con aumento de régimen
B Durante el cebado

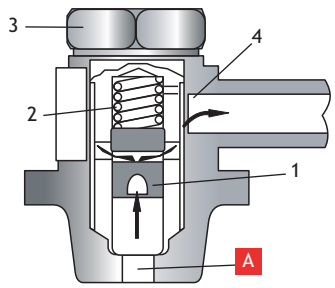


7.62. Detalle y funcionamiento de una válvula reguladora de presión de transferencia.

Válvula de mantenimiento de presión

Se trata de una válvula de émbolo cargada por un muelle (figura 7.63). Va dispuesta en el tapón roscado para la conexión de la tubería de retorno del combustible. Esta válvula mantiene el combustible en el interior de la bomba a una presión específica.

1 Émbolo
2 Muelle de compresión
3 Tapón roscado
4 Conexión de la tubería de retorno
A Presión en el interior de la bomba



7.63. Válvula de mantenimiento de presión.

3.2 > Cabezal hidráulico

El cabezal hidráulico es el órgano principal de la bomba de inyección. Se encarga de la exacta dosificación-bombeo y distribución del combustible.

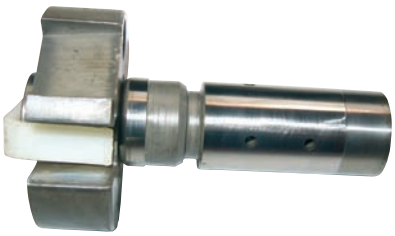
Está constituido por dos conjuntos principales:

- La **cabeza hidráulica** (figura 7.64) es la parte fija en donde se encuentran los conductos que comunican con los inyectores.
- El **rotor distribuidor** (figura 7.65) es la parte móvil. Incorpora en uno de sus extremos el elemento de bombeo único, que forman los dos pistones.

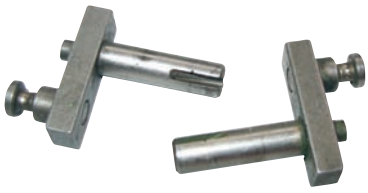
El combustible a presión de transferencia llega a un orificio de la cabeza hidráulica, en donde la sección de paso es variable por la acción de la **válvula dosificadora** (figura 7.66), que está conectada al regulador.

Durante la **fase de admisión** (figura 7.68.A), el orificio de admisión del rotor coincide con el canal de dosificación de la cabeza. En este momento

7.64. Cabezal hidráulico.



7.65. Rotor distribuidor.

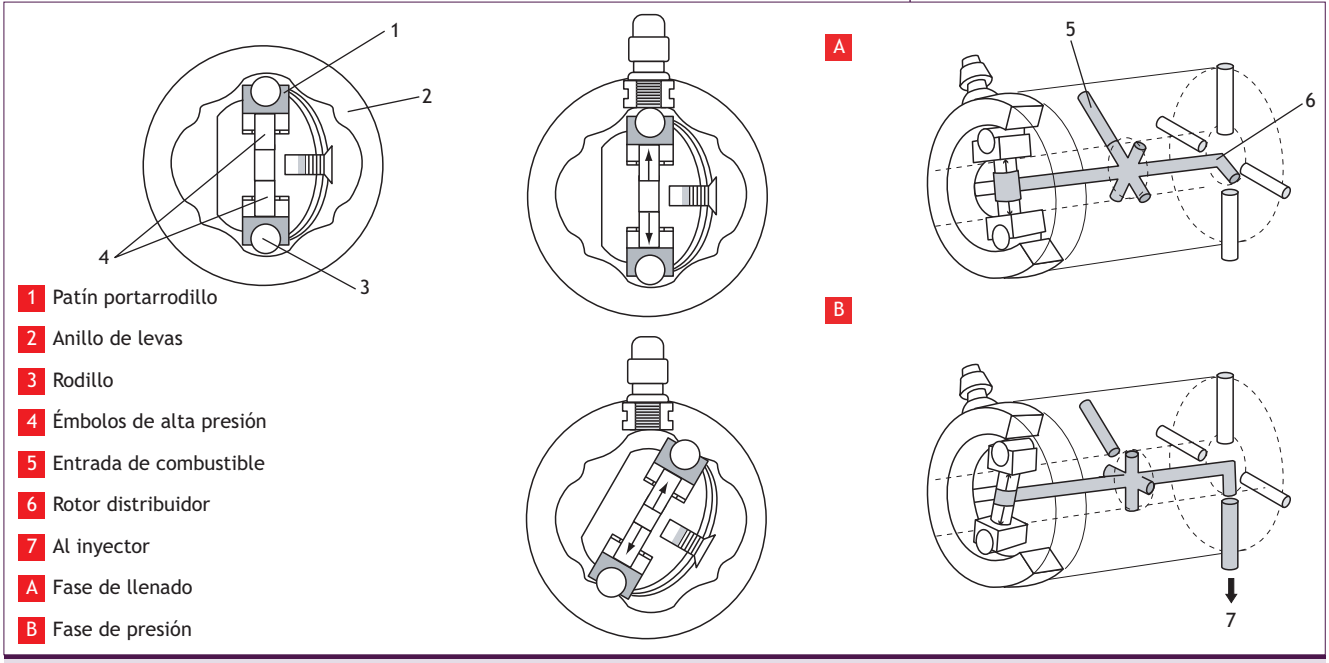


7.66. Válvulas dosificadoras.

cierta cantidad de combustible, dosificado por la válvula dosificadora, penetra en el elemento de bombeo desplazando a los **pistones de bombeo** (4) hacia el exterior, que a su vez desplazan a los patines y portarrodillos (1) y consecuentemente a los rodillos (3).

Por la rotación del rotor, el canal de alimentación y de dosificación quedan fuera de comunicación (figura 7.68.B), siendo esto el fin de la admisión. Según se vaya produciendo el giro del rotor, también lo hará el conjunto de patines, portarrodillos y rodillos situados todos en el interior del anillo de levas. Este último cuenta con tantas levas como cilindros el motor, perfectamente mecanizadas y simétricas (figura 7.67).

7.67. Anillo de levas.

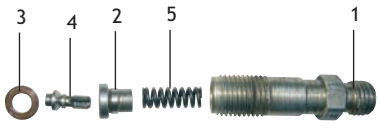


7.68. Generación de la alta presión.

El rotor sigue su rotación hasta llegar a la fase de impulsión, en la que el canal de distribución de la cabeza conecta con una salida de alta presión (7) hacia uno de los inyectores. En este instante los rodillos y patines entran en contacto con las levas del anillo, produciendo un movimiento de los pistones de bombeo hacia el interior y, consecuentemente, la salida de combustible hacia los inyectores. La forma de las levas permite elevar

la presión del combustible, determinar el tiempo de inyección y la uniformidad de cada fase de la inyección.

El **final de la inyección** se produce cuando los rodillos superan la cresta de las levas. A continuación los rodillos quedan fuera de contacto del anillo de levas, con lo que se retorna a la fase de baja presión en el rotor de la cabeza hidráulica permitiendo así el siguiente llenado de los émbolos.



7.69. Válvula de reaspiración.

Válvula de reaspiración

> **Esta válvula actúa al final de la inyección, reaspirando cierta cantidad de combustible, asegurando así un cierre libre de la aguja de la tobera, conjuntamente con el perfil del anillo de levas, manteniendo y controlando la presión residual de la línea de alta presión.**

Está situada en un alojamiento de la cabeza hidráulica justo antes del racor de salida de alta presión (1) (figura 7.69). La estanqueidad entre la válvula, cabeza y racor está asegurada por dos juntas de acero (3). El conjunto se compone de un cuerpo (2) en el que se aloja la válvula (4). El muelle (5) asegura el asiento de la válvula sobre su cuerpo.

3.3 > Regulador mecánico

Las bombas de tipo DPC pueden llevar uno de los siguientes tipos de reguladores:

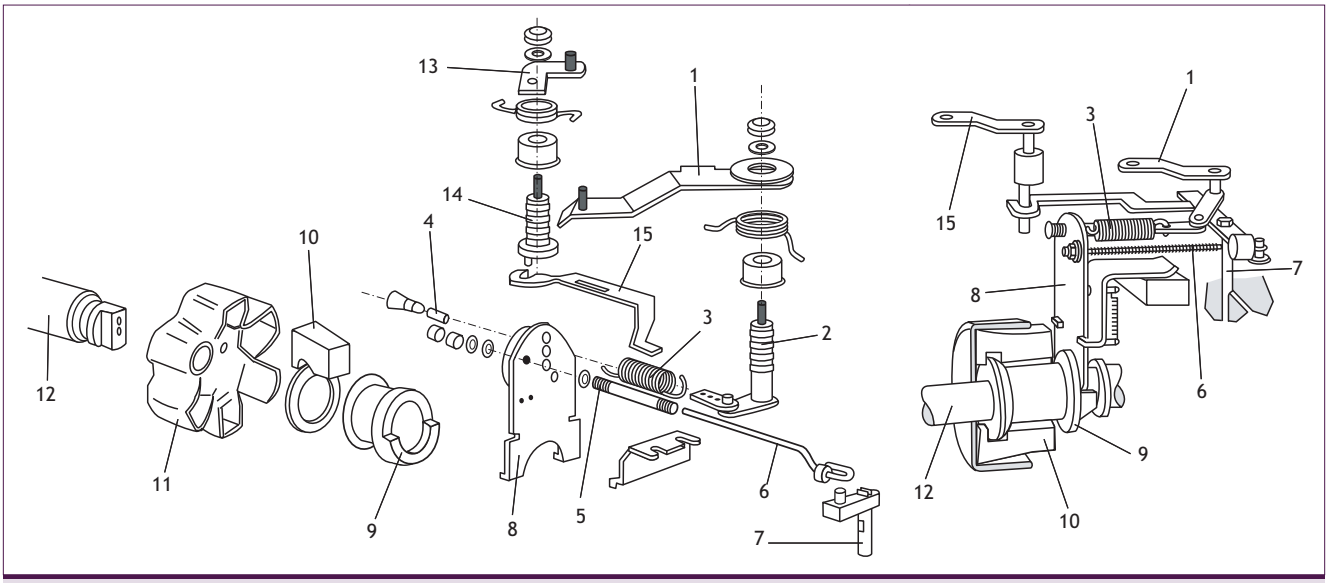
- **De mini-maxi**. Asegura la unión entre la palanca del acelerador y la válvula dosificadora teniendo el fin de controlar el régimen de ralentí, ralentí acelerado y la velocidad máxima del motor.
- **De todas velocidades**. Permite ajustar el caudal inyectado con precisión a fin de mantener constante el régimen del motor, fijado por posición de la palanca del acelerador cualquiera que sea la carga del motor. Este regulador igualmente limita la velocidad máxima del motor.

7.70. Eje de transmisión con masas centrífugas.

En este caso explicaremos el regulador de todas velocidades por ser el más usado. Este es de tipo centrífugo (figura 7.71), en donde el movimiento de la palanca del acelerador (1) se transmite a la válvula dosificadora (7) por medio del muelle principal (3) conectado al brazo regulador (8). Este se conecta con la válvula dosificadora por la horquilla (6). El alojamiento de masas (11) solidario con el eje de transmisión (12) contiene un número variable de masas (10), cuyo desplazamiento se transmite al brazo regulador por medio del manguito (9). Las masas están sometidas a una fuerza centrífuga variable en función de la velocidad de rotación del motor.

La palanca de mando del acelerador es accionada por el cable del acelerador. Esta palanca (1) actúa sobre el muelle principal (3) pretensándolo. Por otra parte, el brazo regulador (8) se mueve conforme a la tensión que sufre según se desplace el manguito acoplado a los contrapesos o el accionamiento de la palanca del acelerador.

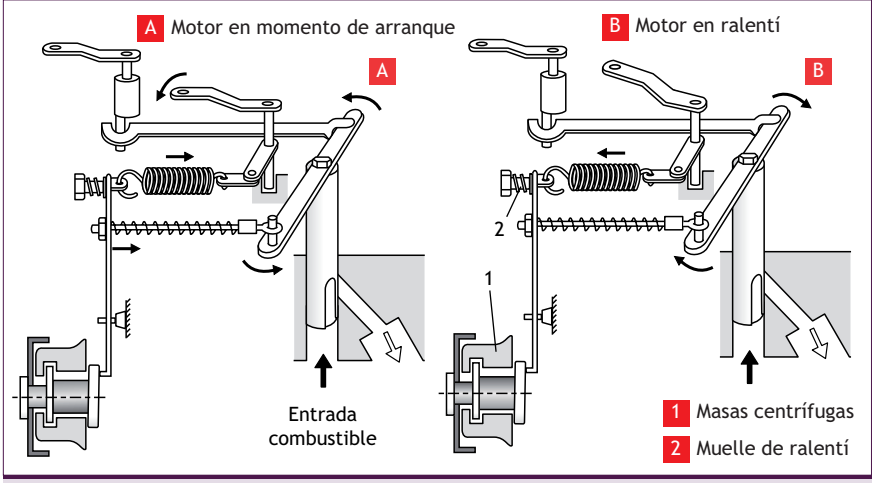
Tanto en un caso como en otro existe modificación de caudal, ya que el brazo regulador hace girar a la válvula dosificadora (7) por medio de la horquilla (6). El muelle horquilla (5) hace de carga en los desplazamientos que el brazo regulador realiza hacia delante. Los diferentes estados de funcionamiento se producen de la siguiente forma:



7.71. Despiece y conjunto regulador de todas velocidades.

1 Palanca del acelerador
2 Eje acelerador
3 Muelle principal
4 Muelle de ralentí
5 Muelle horquilla
6 Horquilla
7 Válvula dosificadora
8 Brazo regulador
9 Manguito regulador
10 Masas centrífugas
11 Alojamiento masas
12 Eje de accionamiento
13 Palanca de paro
14 Eje de paro
15 Barra de paro

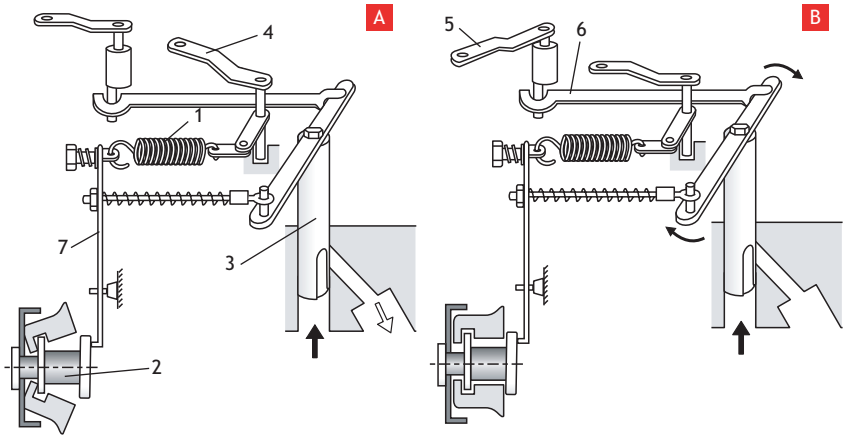
En el **momento de arranque** (figura 7.72.A), la palanca del acelerador podría estar en una posición de máximo recorrido sin que intervengan las fuerzas del manguito deslizante, por lo que la válvula dosificadora estaría en la posición de máxima entrega de combustible. Con el motor en marcha y en **estado de ralentí** (figura 7.72.B), el acelerador está en posición de reposo y el brazo regulador está en equilibrio entre la fuerza centrífuga de las masas (1) y el muelle de ralentí (2). La válvula dosificadora ocupa una posición en donde la sección de paso de combustible es reducida.



7.72. Funcionamiento del regulador centrífugo de todas velocidades con motor en arranque (A) y en ralentí (B).

Durante la **marcha normal** (figura 7.73.A), el equilibro se establece entre el muelle principal (1) y el manguito deslizante (2). En este caso, a una determinada posición del pedal del acelerador corresponde una determinada posición de la válvula dosificadora. Si el motor se embalase, las masas centrífugas aceleran su giro y realizan una mayor presión sobre el brazo regulador,

1 Muelle principal
2 Manguito deslizante
3 Válvula dosificadora
4 Palanca acelerador
5 Palanca de paro
6 Palanca
A Marcha normal
B Paro de motor



7.73. Funcionamiento del regulador centrífugo de todas velocidades con marcha normal y paro del motor.

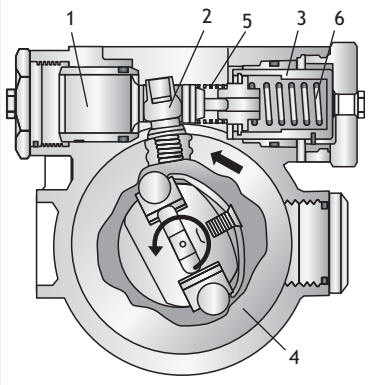
reduciendo mínimamente la posición de la válvula dosificadora. En caso contrario –con el motor perdiendo vueltas– ocurriría el proceso contrario al descrito.

Por último, el **paro del motor** (figura 7.73.B) se produce girando la palanca (5), que origina el movimiento de la palanca (6), que hace posicionar a la válvula dosificadora en la zona de suministro nulo, haciéndolo independientemente de la posición de la palanca del acelerador.

3.4 > Variador de avance

Este variador automático (figura 7.74) consta de un émbolo de carga parcial (3) y otro regulador (1) alojados en sus respectivas camisas. El émbolo regulador se comunica directamente con el anillo de levas (4) a través de la rótula (2). Los muelles en línea (5 y 6) controlan el desplazamiento del émbolo regulador cuando este es sometido a la presión de transferencia. Es decir, que la posición que determine este émbolo determinará la posición del anillo de levas y, por consiguiente, el inicio de alimentación.

1 Émbolo regulador
2 Rótula
3 Émbolo de carga parcial
4 Anillo de levas
5 Muelle de retardo
6 Muelle principal



7.74. Variador automático de avance.

Durante el arranque los dos muelles de empuje (principal y de retardo) obligan al anillo de levas a girar en el mismo sentido de giro que la bomba de inyección (figura 7.74). En esta ocasión la presión de transferencia es demasiado baja para vencer la fuerza del muelle del émbolo regulador, produciéndose un retraso del inicio de alimentación.

Cuando el motor gira **a ralentí** o en frío, la bomba de transferencia genera una presión de transferencia baja.

Si **el régimen motor aumenta**, crece la presión de transferencia y abre la válvula de caudal de arranque. Esta presión comienza a actuar sobre el émbolo regulador. Dicho émbolo se desplaza comprimiendo el muelle de retardo (más delgado). La actuación del émbolo se traduce en un avance del inicio de inyección (figura 7.75.A).

A **bajas revoluciones y plena carga**, la presión de transferencia (a través de la válvula de carga parcial) actúa sobre el émbolo de carga parcial y vuel-

ve a desplazar, a través del muelle de empuje, el émbolo regulador (figura 7.75.B). De ese modo, se vuelve a producir un ligero retraso del inicio de inyección.

A **altas revoluciones y plena carga**, la presión de transferencia es creciente actuando sobre los émbolos de carga parcial y regulador (figura 7.75.C). El émbolo de carga parcial se apoya contra el tope, pero el émbolo regulador desplaza el regulador de avance adelantando el inicio de inyección en función del régimen de revoluciones.

Si la velocidad de rotación de la bomba vuelve a disminuir, también lo hace la presión de transferencia; el muelle de empuje recupera su posición desplazando al pistón y este, a su vez, al anillo de levas hacia la posición de avance cero.

3.5 > Dispositivos de adaptación

El objetivo de los sistemas adoptados por las bombas rotativas es el de mejorar las prestaciones de las mismas.

Dispositivo de sobrecarga

Este dispositivo permite conseguir un caudal superior al de plena carga de la bomba a bajas revoluciones con el fin de facilitar el arranque.

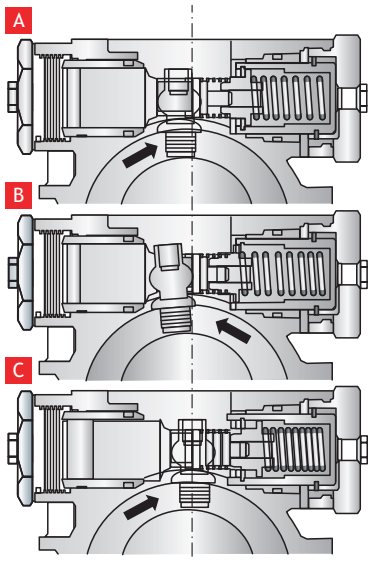
El aumento de caudal se consigue aumentando el desplazamiento máximo de los elementos de bombeo (3). Para ello los extremos de la lámina de ajuste de caudal (2) así como una de las caras laterales de los patines portarrodillos (1) incorporan unos rebajes que se adaptan mutuamente como si de dos engranajes se tratara (figura 7.76).

En el momento en que los rebajes de la lámina de ajuste de caudal y la de los portarrodillos están encajados, la apertura máxima de los émbolos (3) se encuentra aumentando el caudal para un valor X, en función de la profundidad de las almenas de los portarrodillos. El caudal inyectado será en este caso muy importante. Es la **función de sobrecarga**.

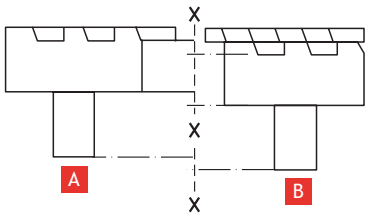
El desplazamiento de los patines portarrodillos (1) que supone el paso de la posición de sobrecarga a la de caudal máximo, o viceversa, se efectúa gracias al desplazamiento axial de los patines, sometidos a la acción de:

- Un muelle de accionamiento (lado acoplamiento) que acciona la sobrecarga.
- Los émbolos de sobrecarga, cuya carrera está limitada por su tope (lado cabeza hidráulica), en donde queda limitada la sobrecarga.

El sistema además se compone de una **válvula diferencial** (figura 7.77) comandada por la presión de transferencia. Está ubicada en un cuerpo de válvula (4) que a la vez sirve de fijación de la cabeza hidráulica en el cuerpo de la bomba y está constituida por un cuerpo (4) de una válvula (5) que aloja a un muelle de ajuste (3) el cual puede ser pretarado por el tornillo de ajuste (1). La presión de transferencia ajustada en función de la velocidad de rotación llega sobre la válvula por medio de la ranura anular (6).



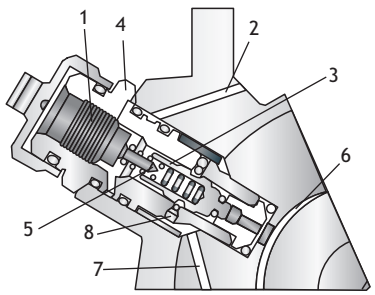
7.75. Posiciones de funcionamiento del variador de avance.



7.76. Detalle de las láminas de ajuste.

A Sobrecarga accionada

B Sobrecarga no accionada



7.77. Válvula diferencial.

1 Tornillo de ajuste

2 Canal

3 Muelle de válvula

4 Cuerpo de válvula

5 Válvula

6 Ranura presión de transferencia

7 Canal oblicuo de alimentación

8 Canal de unión del cuerpo de válvula

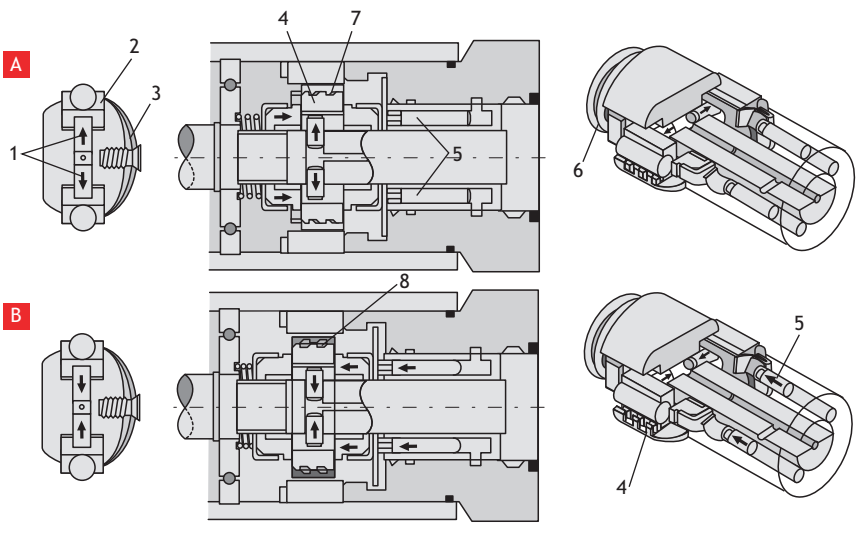
Sustitución de la válvula de carga ligera

En los vehículos que cuentan con un calculador (UCE) para comandar el reciclaje de los gases de escape (EGR), en donde la información transmitida por el potenciómetro de la palanca del acelerador es conocida por el calculador, la válvula de carga ligera ha sido reemplazada por una electroválvula y sin ninguna modificación en el circuito hidráulico.

Con el motor parado (figura 7.78.A), la presión de transferencia no actúa, la válvula está en posición cerrada y los émbolos de sobrecarga (5) no están sometidos a esta presión de transferencia. Como consecuencia de esto se obtiene el máximo desplazamiento de los émbolos de bombeo (1) al estar el patín y lámina de ajuste de la figura encajados, puesto que el patín no es desplazado por la presión de transferencia. En el momento en que la bomba de inyección se acciona, comienza a inyectar un mayor caudal de combustible. En este caso la sobrecarga estaría accionada (los émbolos de alta presión desarrollan una carrera mayor).

Con el motor en carga parcial y aumentado de revoluciones (figura 7.78.B) la válvula está en posición abierta, y la presión de transferencia –que ya es grande– llega a los émbolos de sobrecarga a través del canal de la válvula diferencial de sobrecarga. Estos émbolos desplazan a su vez a los patines portarrodillos. Los rebajes del muelle de tope y los dientes de los patines se desplazan de tal modo que dejan de engranar entre sí (limitación de la carrera), desactivando la sobrecarga.

1 Émbolos de alta presión
2 Patín
3 Muelle de tope con tornillo de ajuste
4 Dentado
5 Émbolos de sobrecarga
6 Muelle de empuje
7 Patín y lámina de ajuste encajados
8 Patín y lámina de ajuste desajustados



7.78. Funcionamiento del dispositivo de sobrecarga.

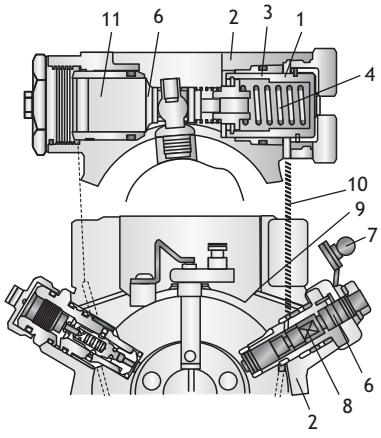
7.79. Ubicación del dispositivo de avance ligero.

Avance de carga ligera (ACL)

Es un dispositivo que se sobrepone al avance en función de la velocidad. Tiene como fin compensar el retardo del principio de inyección, consecutivo a la disminución de caudal, es decir, con el motor a baja carga.

Está integrado en el dispositivo de avance de velocidad en el lado del muelle (figura 7.79). Está compuesto (figura 7.80) por un pistón (1) que recibe la presión de transferencia a través de una válvula de carga ligera (6) alojada en el cuerpo (2). Esta válvula está conectada por medio de una bieleta a la palanca del acelerador (7).

Durante la **fase de ralentí o carga ligera** (figura 7.80) la presión de transferencia alimenta al cuerpo de la válvula de retención y a la válvula de carga

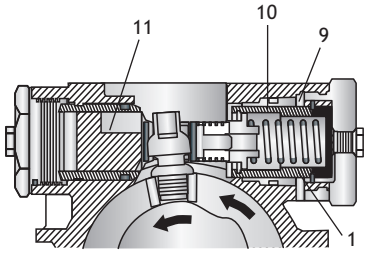


1 Pistón
2 Cuerpo
3 Camisa
4 Muelle
5 Tope
6 Válvula
7 Palanca con acelerador
8 Calibre de sección variable
9 Canal hacia presión interna
10 Canal hacia ACL
11 Pistón de avance de velocidad

7.80. Esquema de avance de carga ligera en ralentí.

ligera a través de la válvula diferencial de sobrecarga. El cuadrado (8) pone en comunicación los canales (9 y 10). Con esto, la palanca del acelerador por medio de la varilla hace pivotar a la válvula y el pistón (1) se somete a la presión interna, a la vez que el pistón de avance de velocidad (11) recibe presión de transferencia. De esta forma se lleva al anillo de levas a la posición de carga ligera (giro contrario al del motor).

En la **fase de plena carga** (figura 7.81) la palanca del acelerador hace pivotar a la válvula de carga ligera, por lo que la presión de transferencia se establece en la cara plana del pistón (1). Este último ejerce una fuerza preponderante por lo que se desplaza hacia su izquierda traslandando el pistón de avance de velocidad (11). Como consecuencia, arrastra al anillo de levas en el sentido de giro de la bomba hacia la posición de avance nulo. En esta posición el cuadrado (8) ya no está frente a los canales (9 y 10). Con esto, se ha eliminado la función de carga ligera.



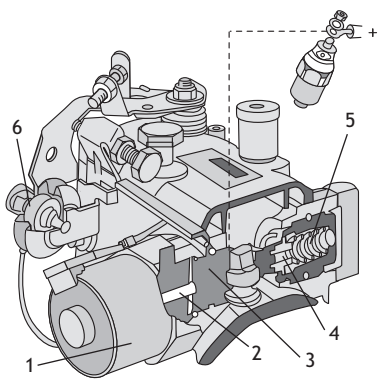
7.81. Carga ligera en fase de plena carga.

Sobreavance electromagnético

Se instala en la bomba con el fin de reducir los humos al ralentí con motor frío, bien de forma automática o manual.

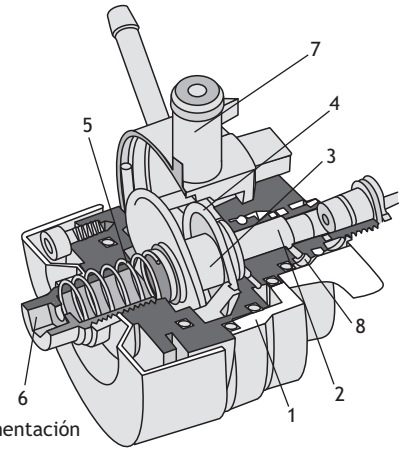
El sistema (figura 7.82) está compuesto por un electroimán (1) montado en lugar del tapón de avance, que incorpora una varilla desplazable (2) que está en contacto con el pistón de avance (3). El electroimán es sometido a tensión a partir de un contactor (6).

En la fase de ralentí con motor frío, el electroimán es alimentado y la varilla desplazable ejerce sobre el pistón de avance una fuerza suficiente para comprimir parcialmente el muelle de avance de velocidad (5), llevando al anillo de levas a la posición de sobreavance.



1 Electroimán
2 Varilla desplazable
3 Pistón
4 Tope
5 Muelle de avance
6 Contractor

7.82. Sobreavance electromagnético.



7.83. Corrector de sobrealimentación.

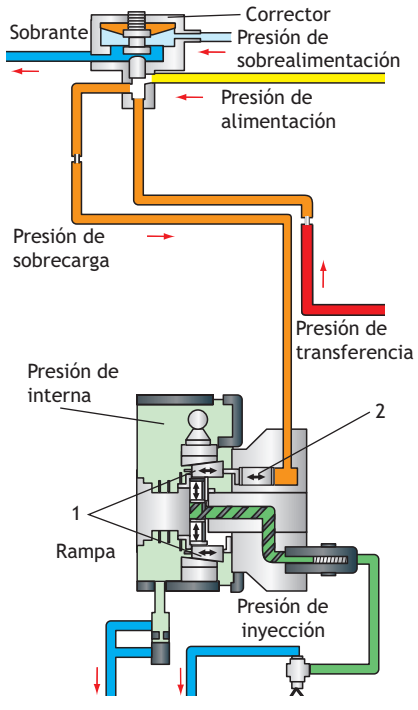
Corrector de sobrealimentación

Su objetivo es ajustar el caudal máximo de la bomba en función de las variaciones de la presión de aire generada por el turbo. Este corrector de sobrealimentación (figura 7.83) está montado en el circuito de presión de transferencia, entre la válvula diferencial de sobrecarga y el carro de sobrecarga.

Está compuesto por un cuerpo (1) en el que se aloja un pistón (2) que viene a apoyarse al núcleo (3). En una y otra parte de este núcleo se encuentran dos membranas (4) con sección diferencial. El canal (7) admite en derivación la presión de sobrealimentación entre las membranas (4).

Con el motor en ralentí, la presión de transferencia llega a los émbolos de sobrecarga, a través de la válvula diferencial y del corrector, llevando el carro de sobrecarga a la posición «sobrecarga eliminada».

En la fase de plena carga la presión de sobrealimentación se establece en el corrector desplazando progresivamente las membranas. El pistón se desplaza creando una fuga que hará disminuir la presión que lleva a los émbolos de sobrecarga, obteniéndose un aumento de caudal. El muelle de sobrecarga retornará progresivamente al carro de sobrecarga, a la posición de «sobrecarga accionada».



7.84. Funcionamiento del circuito interno de sobrealimentación de combustible.

Las bombas DPC que equipan a los motores sobrealimentados están modificadas especialmente en el dispositivo de sobrecarga, por lo que a los patines, portarrodillos y lámina de caudal se les ha mecanizado una rampa (1) en lugar de sectores dentados (figura 7.84).

Si aumenta la presión de sobrealimentación, la presión sobre los émbolos de sobrecarga (2) disminuye, con lo que existe aumento de caudal al permitir estos un mayor recorrido de los émbolos de bombeo.

Contactor de postcalentado

Este dispositivo tiene como objetivo mejorar la combustión durante la fase de funcionamiento del motor en ralentí frío.

El conjunto contactor montado en bomba (figura 7.85) está compuesto de un microcontacto (1) fijado sobre la parte posterior de la tapa del regulador y de un anillo de ajuste (3) solidario con la palanca del acelerador (4).

Cuando el motor está en marcha al ralentí y frío, las bujías de precalentamiento están alimentadas alternativamente durante un tiempo dado, favoreciendo así la combustión por mantenimiento de temperatura. El contactor montado en la bomba de inyección permiti-

rá interrumpir la función de postcalentado a partir de cierto nivel de carga.

Amortiguador de la palanca de acelerador

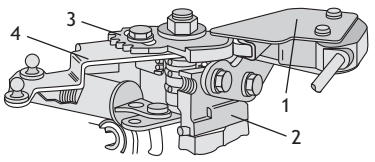
El amortiguador tiene como fin ralentizar la velocidad de desplazamiento de la palanca del acelerador en los casos de una aceleración muy fuerte para evitar el fenómeno de **tirones de motor**.

El amortiguador (1) se encuentra encajado en cada uno de sus extremos sobre una rótula (2) fijada por un lado a la palanca del acelerador y por otro lado al soporte posterior de la bomba (figura 7.86).

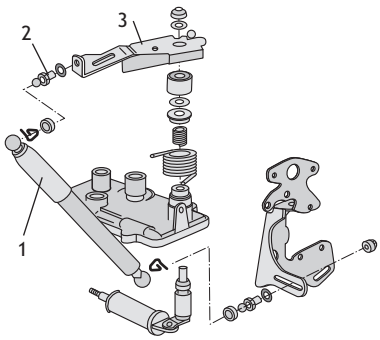
Este amortiguador contiene en su interior una cantidad de aceite que durante la compresión es transferido a través de un taladro calibrado de forma progresiva. Este efecto progresivo ralentiza y controla la velocidad de desplazamiento de la palanca de acelerador de la bomba.

Válvula de parada eléctrica

Al igual que en la bomba BOSCH VE, el paro del motor se consigue por un corte total de la inyección. Esta acción se realiza por una electroválvula (3) roscada en la cabeza hidráulica y situada entre el canal de presión de transferencia (1) y el canal de alimentación (4) de la válvula dosificadora (figuras 7.87 y 7.88).

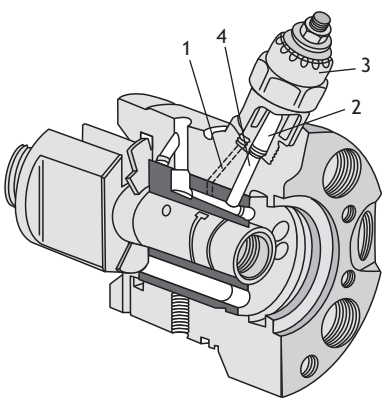


7.85. Contactor de postcalentado.



7.86. Amortiguador de la palanca aceleradora.

7.87. Ubicación del dispositivo de parada en la cabeza hidráulica.



1. Canal de presión de transferencia
2. Pistón
3. Conjunto solenoide
4. Canal alimentación de la válvula dosificadora

7.88. Sección de cabeza hidráulica con dispositivo de parada.

3.6 > Procedimientos de prueba

A continuación se van a describir los reglajes más comunes que se realizan sobre la bomba rotativa DPC.

Reglaje previo de la presión de transferencia

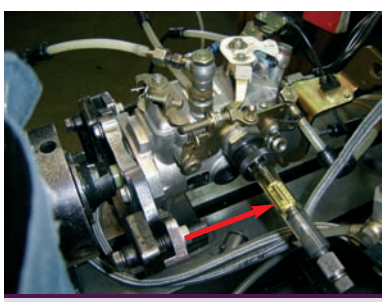
Después de haber aflojado la contratuerca, actuar sobre el tornillo de ajuste de la válvula de regulación para obtener el valor de la presión de transferencia indicado. Con la ayuda de un destornillador, roscar el tornillo para aumentar la presión o aflojar para disminuir la presión (figura 7.89). Finalmente, apretar la contratuerca.

Otros tipos de sobreavance

Existen otros tipos de sobreavance además del electromagnético, como puede ser el manual, automático e hidráulico.

Ajuste de la válvula reguladora de la presión de transferencia

La precarga del muelle de tope está calibrada por un tornillo de ajuste. En los trabajos de servicio, no debe modificarse esta precarga ya que el ajuste óptimo solamente es posible llevarlo a cabo en banco de pruebas para bombas de inyección.

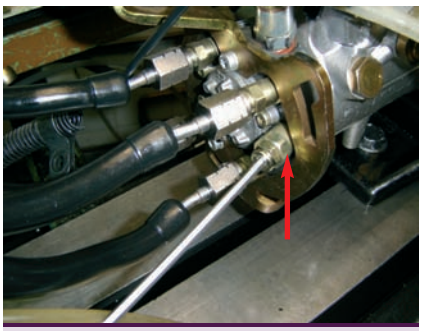


7.91. Ubicación del útil de ajuste del avance.

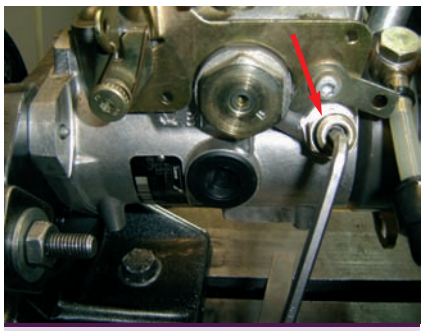
Reglaje previo de la válvula diferencial de sobrecarga

Con esta prueba se asegura que estén alimentados a la presión de transferencia los circuitos internos de la cabeza hidráulica.

- Se quita el tapón de la válvula de sobrecarga y se aprieta al máximo el tornillo de ajuste de la válvula (figura 7.90).
- A la velocidad de rotación indicada por el fabricante, se afloja lentamente el tornillo de ajuste de la válvula hasta que se aprecie una caída de la presión de transferencia. Esto indicará que la válvula se encuentra abierta.



7.89. Reglaje de la presión de transferencia.



7.90. Reglaje de válvula diferencial de sobrecarga.

Ajuste del avance

Aquí se define el principio de inyección a plena carga a un régimen dado, por el ajuste de la posición angular del anillo de levas (figura 7.91). El avance se ajusta mediante las arandelas montadas en el pistón y su espesor será el indicado por el fabricante.

- Se medirá el avance a un régimen de rotación indicado, y ajustando la presión de transferencia, teniendo en cuenta que el aumento de la presión de transferencia implica un aumento del avance.
- Si no se consigue el valor correcto de avance con la presión de transferencia indicada, se procederá a modificar el espesor de las arandelas de ajuste.
- Finalmente se apretará al par correspondiente el tornillo de ajuste de la presión de transferencia.

Control de la presión interna

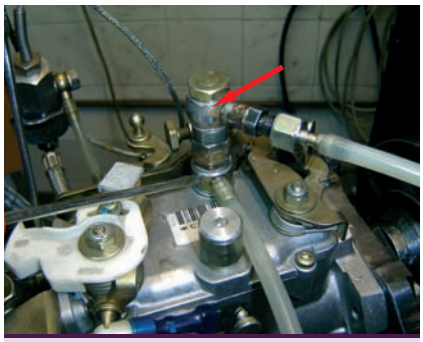
Con esta prueba se consigue el control de la válvula de presurización de la bomba. Si la presión indicada en el manómetro no corresponde con lo prescrito por el fabricante se debe sustituir la válvula de rebose (figura 7.92).

Ajuste del caudal máximo

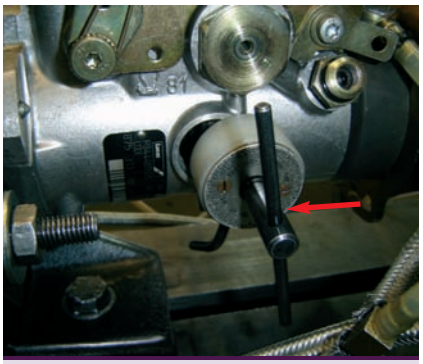
Permite obtener el caudal máximo de la bomba a plena carga a un régimen definido.

- Obtener el valor de caudal máximo de la bomba en posición de plena carga.

– Si el valor no se encuentra dentro del campo de tolerancia variar el valor angular de rotación del tornillo de ajuste de caudal (figura 7.93) que modifica la carrera de los émbolos de bombeo.



7.92. Comprobación de la presión interna de la bomba.



7.93. Ajuste del caudal máximo.

Controles y ajustes del regulador

En esta prueba se permite ajustar la velocidad máxima de rotación del motor. El ajuste del regulador se realizará después de haber efectuado el ajuste del caudal anti-paro (figura 7.94) y de ralentí (figura 7.95) y corte de combustible (figura 7.96). Hacer girar la bomba a la velocidad indicada en el dato de pruebas y ajustar el tornillo de tope de velocidad máxima hasta obtener el caudal indicado por el fabricante.

Reglaje del corrector de sobrealimentación y del caudal máximo

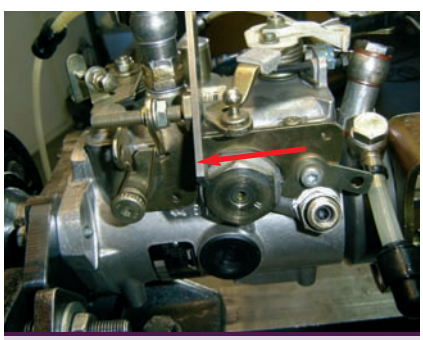
Se puede ajustar, según la aplicación, el caudal máximo de la bomba en tres posibles situaciones a un régimen dado:

– Sin presión de sobrealimentación.
– Por presión de sobrealimentación parcial.
– Por presión de sobrealimentación máxima.

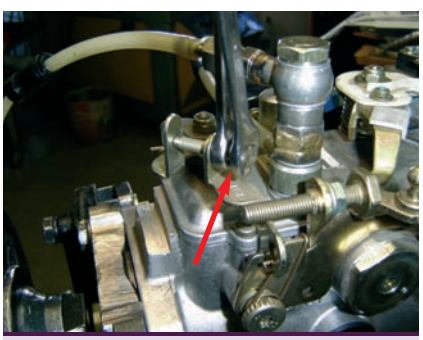
Si los valores obtenidos no coinciden con los estipulados, se procederá a ajustar el tornillo central del corrector de sobrealimentación (figura 7.97).

Reglaje del avance de carga ligera

Para definir la duración de la actuación del ACL, se actuará como sigue:



7.94. Control y ajuste del regulador. Antiparo.

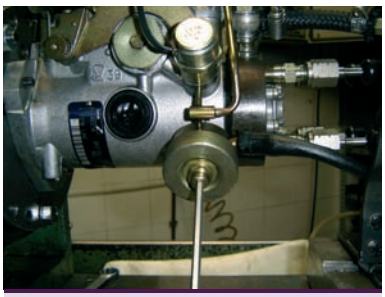


7.95. Control y ajuste del regulador. Ralentí.

Sustitución del amortiguador de la palanca del acelerador

El amortiguador no se montará hasta después de haber realizado los ajustes sobre el banco de pruebas. Recuerda que siempre se debe respetar el sentido de montaje del amortiguador (parte larga hacia abajo).

7.96. Control y ajuste del regulador. Corte de combustible.



7.97. Reglaje del corrector de sobrealimentación y caudal máximo.

7.98. Reglaje del avance de carga ligera.

- A un régimen establecido posicionar la palanca del acelerador para obtener el caudal indicado.
- En dicha posición, ajustar la longitud de la bieleta ACL de forma que se obtenga la variación de avance prescrita por el fabricante (figura 7.98).

El ajuste de la longitud de la bieleta ACL consiste en calibrar una fuga, obteniendo una caída de la presión de transferencia en el pistón ACL y, como consecuencia, un aumento del avance.

Control de la anulación del avance de carga ligera

Se permite asegurar un buen ajuste de la longitud de la bieleta ACL.

- Una vez efectuado el ajuste de la longitud de la bieleta ACL, se posiciona la palanca del acelerador como indica el dato de pruebas y se asegura la anulación del ACL.
- Si esto no fuera así, se realizaría de nuevo la operación de ajuste de la prueba anterior.

Control del sobreavance electromagnético

Con el dispositivo fuera de la bomba, se alimenta a 12 V para comprobar el desplazamiento de la válvula.

Ajuste del contacto de postcalentado

Se trata de definir la duración del postcalentado en función de la información de carga.

A una posición indicada del acelerador, se conecta un multímetro en posición de medida de resistencia en los bornes del conector. Ajustando la posición de la leva de ajuste se obtendrá la variación de la resistencia desde un valor nulo a un valor infinito.

Ajuste del amortiguador

Mediante un calibre se puede definir la carrera útil del amortiguador. El reglaje de la cota entre los ejes de las cajas de rótulas se realiza una vez que se ha ajustado el antiparo.

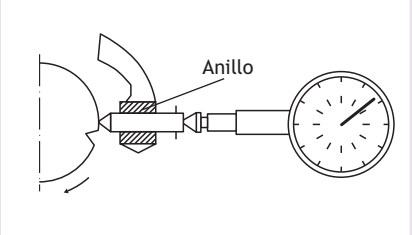
Técnica

Puesta a punto de la bomba

•• Con la puesta a punto de la bomba se determina con precisión el principio de inyección estático, en la salida de alta presión de la bomba, correspondiente al cilindro de puesta a punto del motor afectado.

El principio de inyección es determinado en una posición del carro de sobrecarga correspondiente a plena carga, es decir:

- En el caso de una bomba para un motor de aspiración natural, las funciones de sobrecarga y retardo para el arranque se eliminarán, así como las funciones de avance de carga ligera y sobreavance, si la bomba las incorpora.



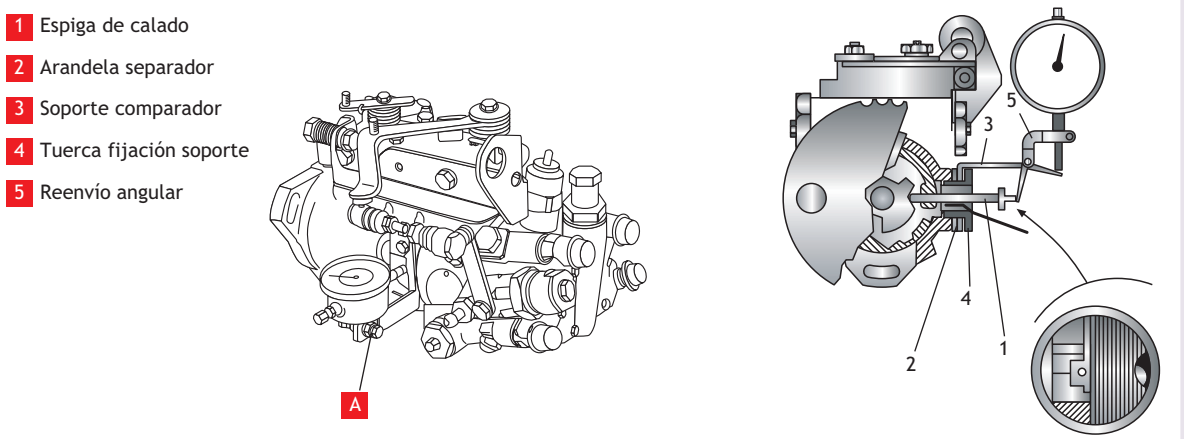
7.99. Ubicación del anillo de sujeción interno.

- En el caso de una bomba para un motor sobrealimentado, las funciones de sobrecarga y retardo para el arranque estarán accionadas, así como las funciones de carga ligera y sobreavance, si la bomba las incorpora.

En función del tipo de bomba la puesta a punto puede ser lateral o superior.

Bomba con puesta a punto lateral

- Conocer el sentido de giro de la bomba y cigüeñal.
- Verificar la exacta puesta a punto de la distribución.
- Girar manualmente el eje motor, en el sentido normal de rotación del motor, hasta llevar el pistón del cilindro número 1 al PMS del final de la compresión.
- Determinar la salida de alta presión de la bomba hacia el cilindro número 1 del motor.
- Quitar la cubierta de inspección lateral de la bomba y colocar en su lugar el soporte-útil con reloj comparador (figura 7.100). Se utilizará el utillaje específico (varilla sobre el casquillo del anillo y soporte sujeto con tuerca).
- Presentar la bomba en el motor colocándola en el piñón del cárter de la distribución.

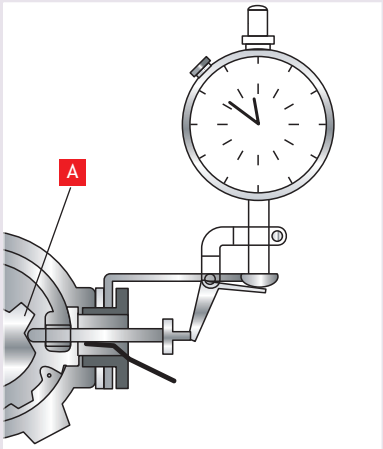


7.100. Ubicación y detalle del reloj comparador sobre la bomba Lucas DPC con puesta a punto lateral.

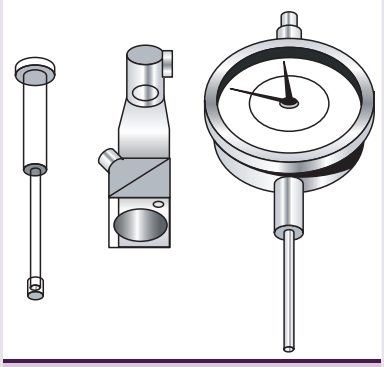
- Inclinarla a derecha e izquierda para alinear la chaveta.
- Una vez en su lugar, montar y apretar los tornillos o tuercas de fijación sin bloquearlos totalmente.
- Inclinar la bomba en sentido inverso de rotación hasta producir el hundimiento total de la varilla de puesta a punto en el fondo de la ranura en V del rotor de la cabeza hidráulica A (figura 7.101). Las bombas Lucas DPC y DPA incluyen un anillo de sujeción interno que sirve de guía al pasador de calado.
- En esta posición ajustar a cero la escala del reloj comparador.
- Continuar girando la bomba en sentido contrario hasta que el pasador de calado inicie una pequeña subida con un valor de subida de 0,01 a 0,02 mm (ver fichas técnicas) registrado en el reloj comparador (figura 7.99).
- Apretar y bloquear los tornillos o tuercas de fijación de la bomba al par prescrito. Además, se deben unir los tubos de alta presión a la propia bomba según el orden de inyección establecido.

Bomba con puesta a punto superior

El calado de la bomba con acceso por la tapa superior se efectúa mediante un utillaje específico (figura 7.102) diferente que permite determinar con máxima precisión el comienzo de inyección de la bomba. En este caso la bomba incorpora una guía de puesta a punto en la tapa del regulador y una varilla soldada en el rotor de la cabeza hidráulica.

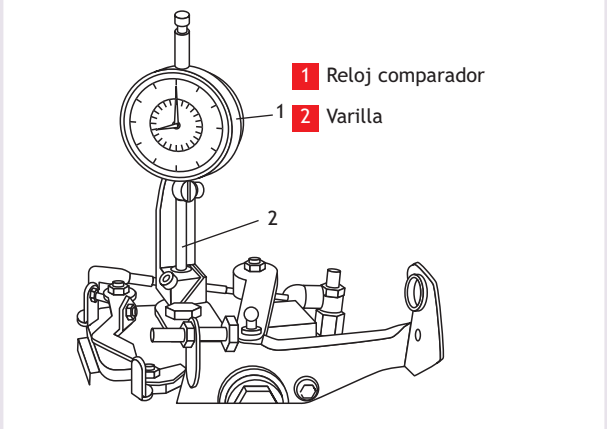


7.101. Detalle de hundimiento de la varilla del reloj comparador sobre el rotor de la cabeza hidráulica.

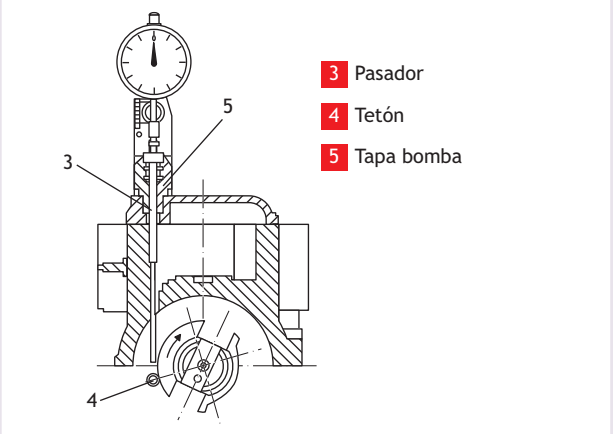


7.102. Útiles para la puesta a punto superior de una bomba Lucas DPC.

- Por medio del cigüeñal se gira el motor para llevar el cilindro de referencia, generalmente el número 1, al PMS fin de compresión. El cilindro se puede ajustar de tres formas diferentes:
  - Por el valor en milímetros en el pistón.
  - Por la marca de calado situada en la polea del cigüeñal o en el volante motor.
  - Por la colocación de un pasador de calado.
- Quitar el tapón de la guía de puesta a punto y poner en su lugar la varilla, el soporte comparador y el reloj comparador (figura 7.103).
- Presentar y colocar la bomba en el motor inclinándola hasta el tope del coliso (posición retrasada).
- Montar los tornillos o tuercas de fijación de la abrazadera y apretarlos ligeramente sin bloquearlos.
- Comprobar que el pasador de calado de la bomba (3) no esté en contacto con el tetón de calado del rotor (4) sino en apoyo del cuerpo de la tapa de la bomba (5) (figura 7.104).
- En esta posición, situar el reloj comparador ejerciendo sobre él una precarga de **1 a 2 mm.**
- Colocar la escala del comparador a cero.
- Orientar la bomba en el sentido inverso de rotación para obtener en la escala el valor de calado indicado por el fabricante (bien en el casquillo de plástico de precintado del tapón de registro o en la palanca del acelerador).
- Para efectuar **el control del calado** se extrae y desmonta el pasador de calado (si se usa) y girar el motor media vuelta en el sentido normal de rotación.
- Continuar girándolo lentamente hasta la posición de calado del motor y controlar el valor indicado en la escala del reloj comparador, que debe coincidir con el inscrito en el casquillo de plástico del tapón de registro o en la palanca del acelerador.
- Finalmente apretar los tornillos o tuercas de fijación de la bomba al par prescrito por el fabricante.



7.103. Presentación de reloj comparador en la parte superior de la bomba rotativa Lucas DPC.



7.104. Detalle de la posición del pasador de calado en una bomba rotativa Lucas DPC.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cuáles son las principales ventajas de la bomba rotativa respecto a la bomba lineal?

2·· ¿Cuáles son los grandes grupos funcionales más importantes de la bomba rotativa BOSCH VE?

3·· ¿Qué función tiene la válvula de control de presión del sistema de alimentación de combustible de una bomba rotativa BOSCH VE?

4·· ¿Qué tipos de movimiento tiene el émbolo distribuidor de una bomba VE? Explica las bases de dosificación de combustible de una bomba VE.

5·· ¿Qué función realiza la válvula ELAB?

6·· ¿Qué misión cumple el variador de avance de la bomba rotativa VE?

7·· ¿Para qué se utilizan los dispositivos de adaptación LFB y KSB?

8·· ¿Qué funciones asume la válvula reguladora de la presión de transferencia en una bomba Lucas DPC?

9·· Explica las tres fases de trabajo que se producen en el cabezal hidráulico de una bomba Lucas DPC.

10·· ¿Qué misión cumple el avance de carga ligera?

11·· ¿En qué situaciones de funcionamiento actúa el dispositivo de sobrecarga?

12·· ¿Qué función realiza el amortiguador de la palanca del acelerador de una bomba rotativa?

.: APLICACIÓN :.

1·· Realiza el desmontaje y montaje de una bomba de inyección rotativa BOSCH VE.

2·· Realiza y comprueba la puesta a punto de una bomba rotativa BOSCH VE.

3·· Realiza el desmontaje y montaje de una bomba de inyección Lucas DPC.

4·· Realiza y comprueba la puesta a punto de una bomba rotativa Lucas DPC.

Caso final

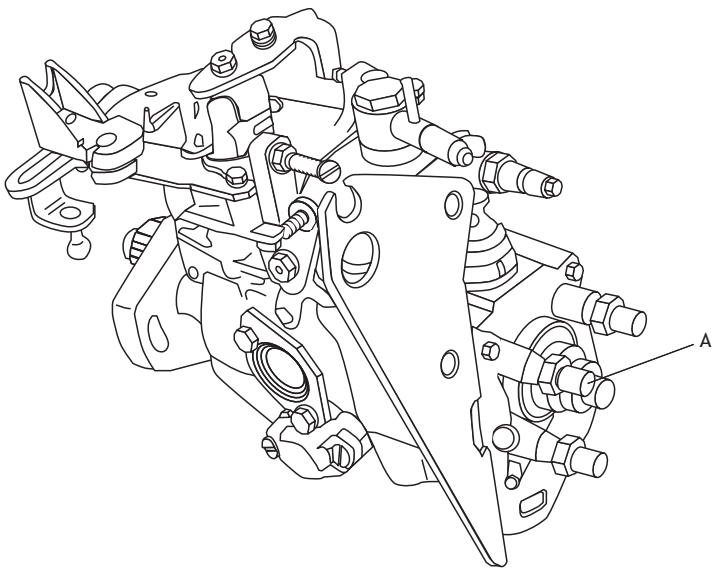
Calado de una bomba de distribución rotativa BOSCH

•• Llega al taller un vehículo con motor diésel y bomba rotativa BOSCH, con síntomas característicos de fallos de calado de la bomba de inyección.

¿Como procederías para verificar la correcta puesta a punto de la bobina inyectora y qué componentes utilizarías?

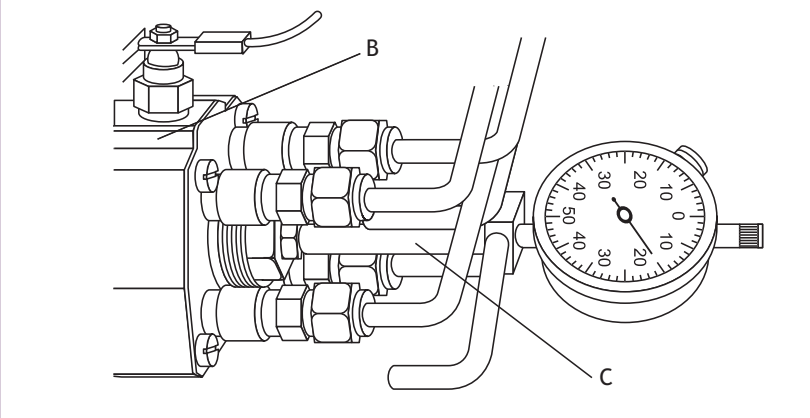
Solución •• En una bomba de inyección de distribución rotativa BOSCH, el comienzo de inyección está en relación directa con la carrera del pistón interno.

- El control se efectúa en la cabeza hidráulica desmontando el tapón obturador (A) (figura 7.105).

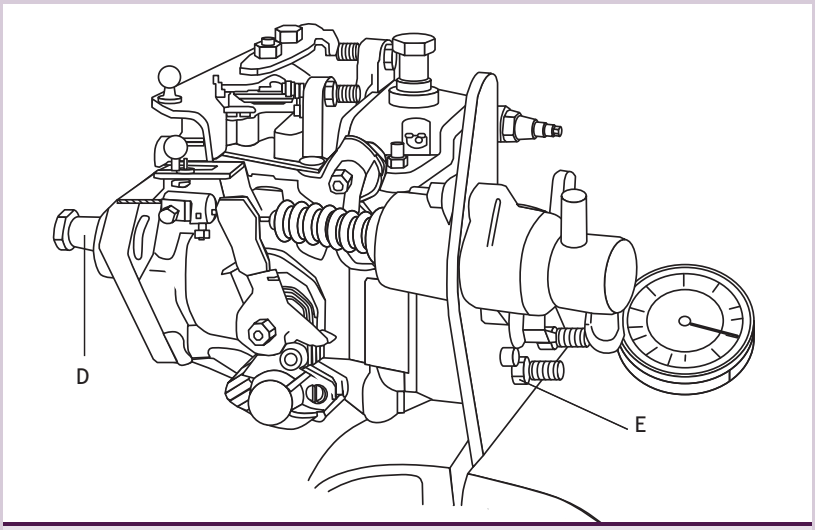


7.105. Desmontaje del tapón obturador.

- Un valor de desplazamiento del émbolo distribuidor (precisado con una ficha técnica) determina con exactitud el comienzo de la inyección.
- Desmonta el tornillo (A) (con su arandela junta de cobre) en la parte trasera de la cabeza hidráulica (B) y coloca el soporte del reloj comparador con el adaptador específico (C) (figura 7.106).
- Monta en el extremo del eje de accionamiento la tuerca de sujeción del piñón con una contratuerca para permitir la rotación de la bomba mediante una llave.
- Desconecta del circuito el sistema de salida en frío.
- Gira el eje de accionamiento en el sentido normal de rotación para determinar con precisión el punto muerto inferior del émbolo distribuidor de la bomba (menor lectura del reloj comparador).
- Una vez en esta posición coloca el comparador ejerciendo una precarga de 1 a 2 mm sobre este.
- Ajusta la escala del comparador a cero.
- Gira a continuación el eje de accionamiento (siempre en el mismo sentido de rotación) para llevar la chaveta del eje (D) (figura 7.107) justo delante del eje de la salida (E) que corresponde al cilindro motor número 1.



7.106. Montaje del reloj comparador sobre la bomba.



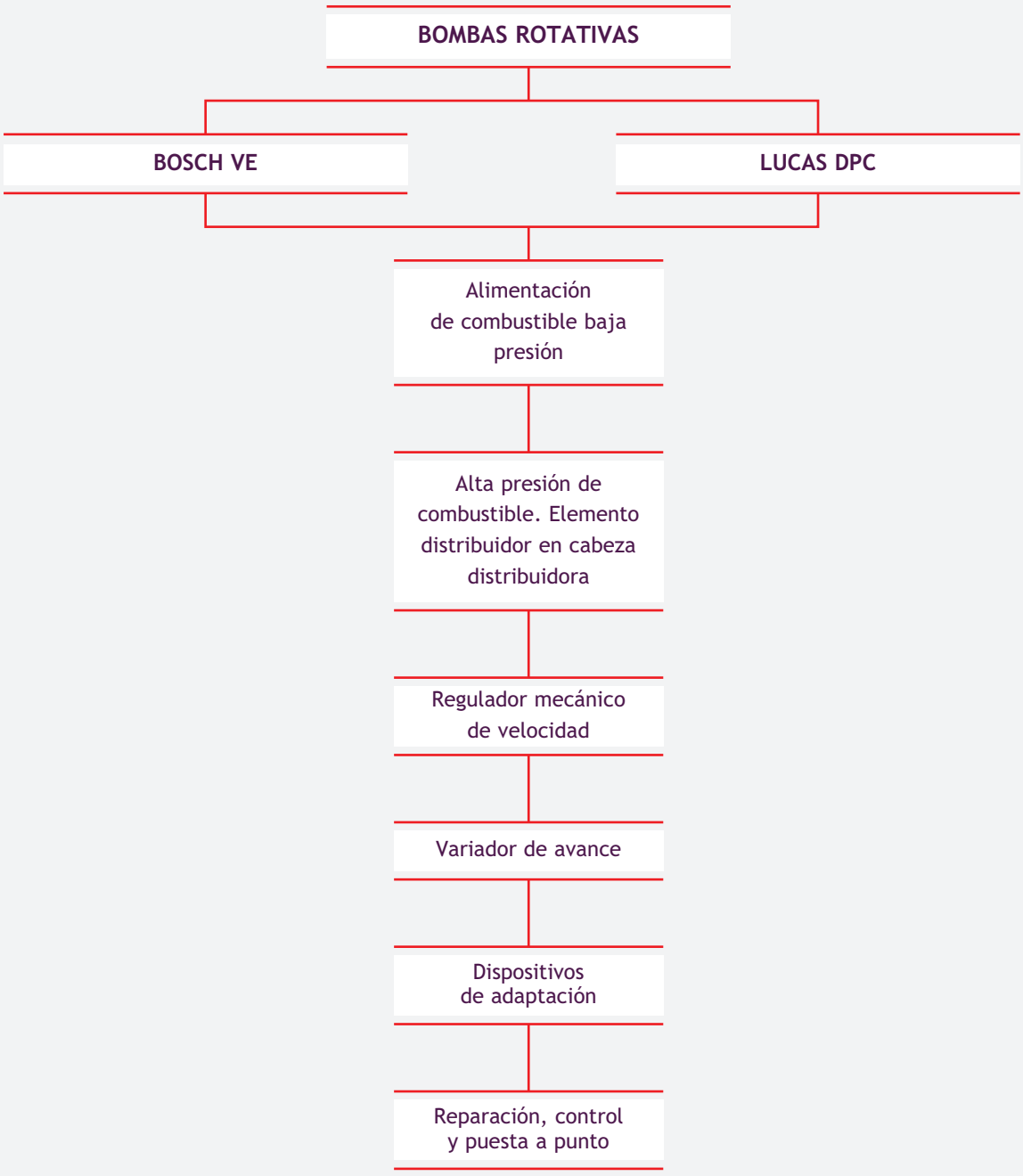
7.107. Ajuste de la chaveta con el cilindro número 1.

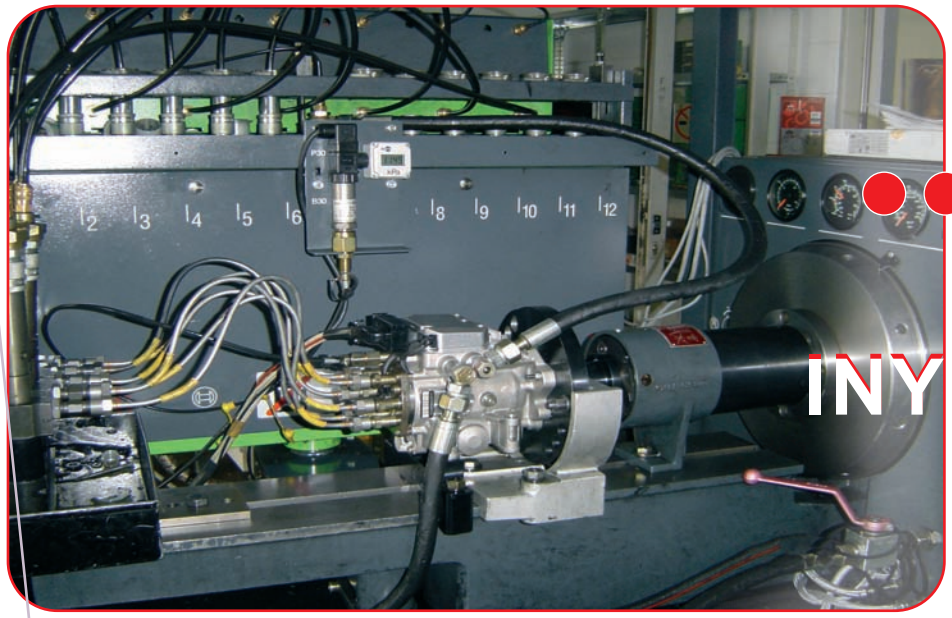
- Girar el motor por medio del cigüeñal para llevar el pistón del cilindro número 1 al PMS (fin de compresión). Esta cota también se puede obtener por medio del alineamiento de unas marcas situadas en la polea o en el volante motor.
- Presenta la bomba de inyección en el motor alineando la chaveta de arrastre con el piñón.
- Coloca los tornillos o tuercas de fijación sin apretarlos y ajusta la bomba en rotación hasta que el reloj comparador indique el valor prescrito por el constructor en sus fichas técnicas.

Control del calado

- El control de calado se realiza dando una vuelta completa al motor en su sentido normal de rotación. Cuando el émbolo distribuidor de la bomba esté en su PMI, controla con precisión el «cero» en la escala del reloj comparador.
- Finalmente sitúa el cilindro de referencia del motor en su PMS fin de compresión (marca o pasador de calado). En esta posición el reloj comparador debe indicar la alzada del pistón precisada por el constructor en sus fichas técnicas.

Ideas clave


BOMBAS ROTATIVAS
BOSCH VE
LUCAS DPC
Alimentación de combustible baja presión
Alta presión de combustible. Elemento distribuidor en cabeza distribuidora
Regulador mecánico de velocidad
Variador de avance
Dispositivos de adaptación
Reparación, control y puesta a punto



LIMPIEZA DE BOMBAS INYECTORAS

Todo equipo de inyección que requiera ser controlado o reparado, es analizado por los distintos departamentos que intervienen en las fases de control para determinar con precisión los fallos que presenta.

El proceso habitual es que un técnico dedicado especialmente a inyección diésel, un ingeniero especializado en turboalimentadores y un técnico en mecánica general inspeccionen el vehículo o sus componentes, y evalúen el fallo. Una vez logrado este objetivo se deriva al área correspondiente

Proceso de reparación de bombas inyectoras

Desarme y limpieza

El proceso comienza con un desarme integral de la bomba inyectora e inyectores. Luego, cada una de las piezas tiene un tratamiento particular para la limpieza de las mismas, que comienza con la inmersión en líquidos desengrasantes con el fin de someterlas a un análisis más riguroso.

Una vez finalizada la inmersión se procede a la limpieza final siguiendo pasos precisos: se introducen en una lavadora a presión que utiliza un fluido adecuado para su limpieza final; luego se lavan con agua fría, posteriormente con agua caliente y por último se realiza un secado con aire a presión. La culminación del proceso es la de dar una correcta protección antioxidante.

Control y medido de piezas

Se controlan y miden las piezas sometidas a fricción o desgaste que puedan presentar defectos.

Armado

Para este paso se cumplen estrictamente las normas exigidas por el fabricante, reemplazándose el juego de juntas y piezas menores en su totalidad.

Test en banco de pruebas

El calibrado de la bomba, una vez montada en el banco de pruebas, se realiza tomando los datos de la información suministrada por el fabricante, con información actualizada, suministradas en CD, tablas impresas o microfichas. Una vez terminado el test, se retira del banco, se sellan todos los conductos expuestos, se precinta y se graba la fecha y numeración de acuerdo a la orden de trabajo, lo que permite tener un seguimiento estricto de los trabajos realizados.

Garantía del trabajo

Todos los trabajos realizados cuentan con la garantía que es avalada por muchos años de experiencia en este campo, y por una excelente voluntad de servicio puesta a disposición para el desarrollo de esta actividad.

Fuente: www.diesellideer.com.ar/bombas
29/03/2005

Fuente: BOSCH

unidad 8

Sistemas de regulación electrónica diésel

SUMARIO

- Regulación electrónica diésel con bomba rotativa BOSCH VE
- Sistema inyector-bomba
- Regulación electrónica con bomba rotativa BOSCH VR
- Sistema common rail

OBJETIVOS

- Conocer los diferentes sistemas de inyección diésel gestionados electrónicamente.
- Conocer el funcionamiento de cada uno de los componentes de los sistemas de inyección diésel con regulación electrónica.
- Verificar el correcto funcionamiento de los sistemas de inyección diésel electrónicos.

1 >> Introducción

Un sistema de inyección de mandos mecánicos o hidráulicos ya no permite responder con éxito a las exigencias cada vez más importantes impuestas a los sistemas de inyección modernos, por lo que es necesaria una **inyección con gestión electrónica integral (figura 8.1).**

Las primeras exigencias concernientes a las emisiones de los gases de escape buscan reducir el consumo, aumentar la potencia, mejorar la conducción y reducir los costes de mantenimiento gracias a la mayor fiabilidad del sistema electrónico.

La introducción de la electrónica en el motor diésel ha permitido aportar mejoras en los siguientes puntos:

- La regulación precisa del régimen de ralentí.
- La regulación óptima del régimen máximo (en vacío y en carga).
- La gestión completa del comienzo de inyección con corrección automática de este.
- La gestión completa y precisa del sistema de reciclaje de los gases de escape.
- El control permanente de la presión de sobrealimentación en los motores con turbocompresor.

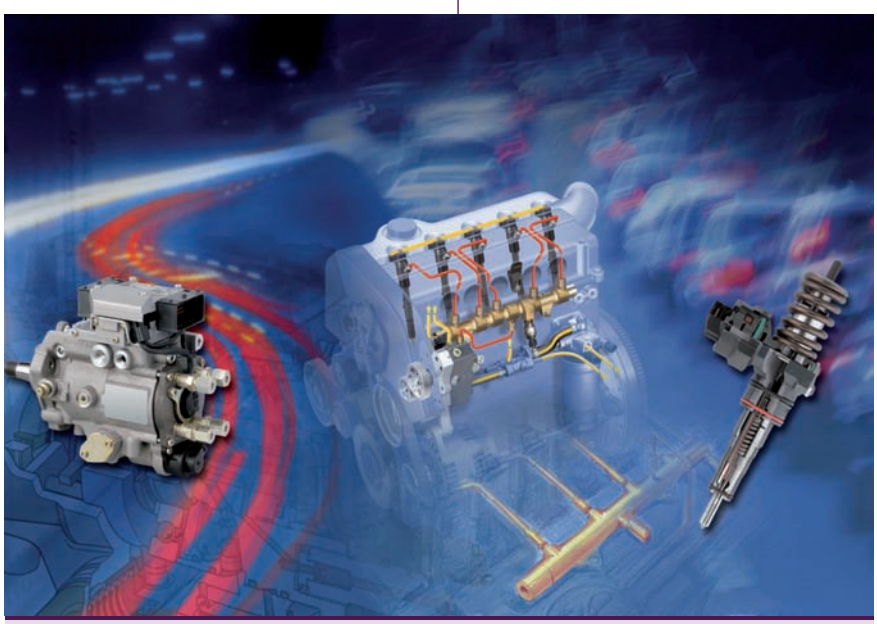
En resumen, la gestión electrónica de los diferentes mandos de la bomba de inyección ofrece posibilidades de explotación del sistema de inyección que la regulación mecánica no ofrece.

Durante el funcionamiento del motor, el módulo electrónico gestiona todas las informaciones transmitidas por los captadores siguientes:

- Captador de posición del pedal del acelerador.
- Captador de velocidad lineal.
- Captador de régimen motor.
- Captador de comienzo de inyección (situado en un inyector en concreto).
- Captador de caudal de aire aspirado (caudalímetro de aire).
- Captador de temperatura motor.
- Sonda de temperatura del aire.

Tras recibir las informaciones, el microprocesador (incorporado al módulo electrónico) las analiza y las compara con los valores asignados y memorizados en el sistema de cartografía.

Con esto, el módulo gestiona una estrategia de reglaje para que el funcionamiento del motor sea el mejor en todas las fases transitorias entre la aceleración y la deceleración.



8.1. Sistemas de inyección. Fuente: BOSCH.

2 >> Regulación electrónica diésel con bomba rotativa BOSCH VE

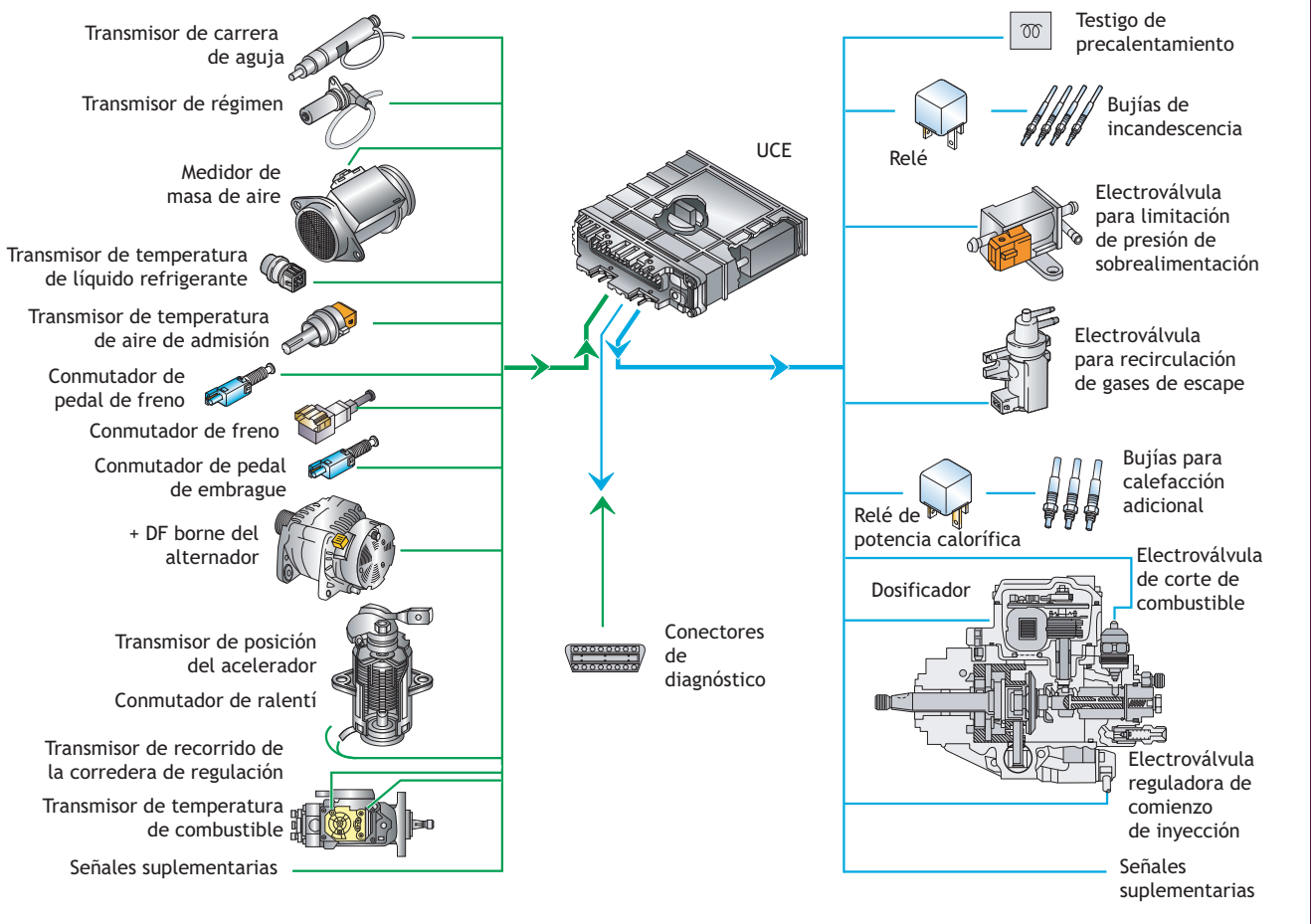
La unidad de control de este sistema tiene como principal función la regulación del caudal inyectado y del comienzo de inyección, funciones asumidas anteriormente por la bomba inyectora de forma mecánica.

La unidad de control, para asumir estas funciones, necesita fundamentalmente dos señales básicas:

- La de posición del acelerador.
- La de las revoluciones.

El cálculo del caudal y del comienzo de inyección se hace mediante dos actuadores:

- Un motor eléctrico, que acciona la corredera regulando el caudal.
- Una válvula electromagnética, que regula el momento exacto del comienzo de inyección (figura 8.2).

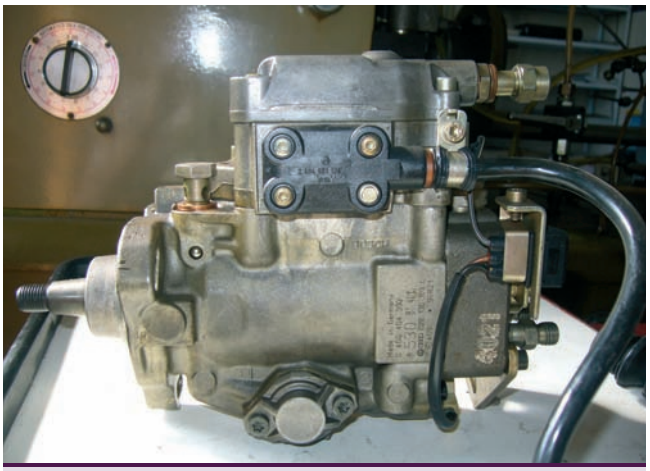


8.2. Representación esquemática de un sistema EDC con bomba rotativa BOSCH VE.

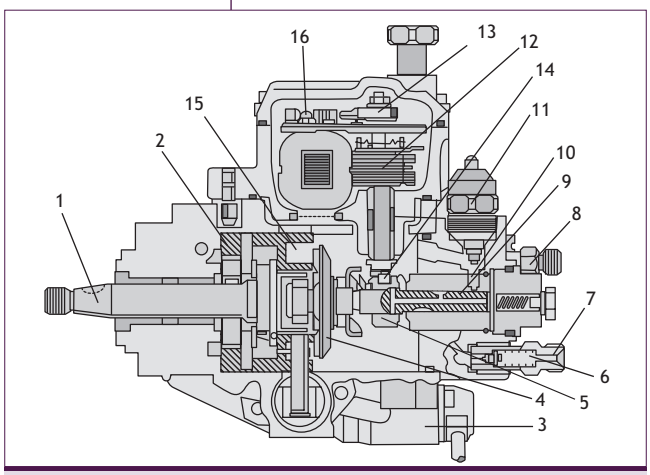
2.1 > Bomba

Las bombas de inyección de mando electrónico basan su principio de funcionamiento en la bomba BOSCH VE mecánica. Su principal diferencia radica en la presión de trabajo utilizada, que se sitúa en unos 800 bar aproximadamente, y en el control electrónico tanto de la cantidad que se va a inyectar como del avance de inyección.

El sistema de regulación es gestionado por un módulo electrónico que asegura de este modo un funcionamiento del motor más equilibrado (figura 8.3).



8.3. Bomba rotativa BOSCH VE con control electrónico.



8.4. Detalle de una bomba rotativa BOSCH VE con control electrónico.

1 Eje de arrastre
2 Bomba de alimentación
3 Regulador de avance a la inyección
4 Plato de levas
5 Corredera de regulación
6 Válvula de reaspiración
7 y 8 Salida hacia los inyectores
9 Pistón distribuidor
10 Entrada de combustible al pistón
11 Electroválvula de STOP
12 Regulador de caudal de imán giratorio
13 Sensor de posición de la corredera
14 Perno de excéntrica
15 Plato portarrodillos
16 Sensor de temperatura de combustible

El módulo aporta la corrección necesaria para ajustar la cantidad exacta de carburante en todos los regímenes, teniendo en cuenta:

- La posición memorizada de la corredera de regulación.
- La temperatura medida por la sonda de temperatura de combustible.

En primer lugar se ajusta el caudal de carburante (figura 8.4) mediante **el sensor de posición de la corredera de regulación (13) y el regulador de caudal (12)** y después el comienzo de inyección en relación directa con el caudal de carburante, mediante la **electroválvula de comienzo de inyección** (3).

2.2 > Inyectores

Se utilizan inyectores de **tipo bimuelle o inyectores de aguja** que permiten realizar la inyección del combustible en dos etapas con el fin de reducir las emisiones de humos así como el ruido de funcionamiento.

El proceso de inyección consiste en preinyectar una cantidad reducida de combustible con la cual se consigue unas condiciones idóneas para la correcta ignición de la cantidad principal del combustible, obteniéndose así un aumento más suave y progresivo de la presión y consiguientemente una combustión más blanda.

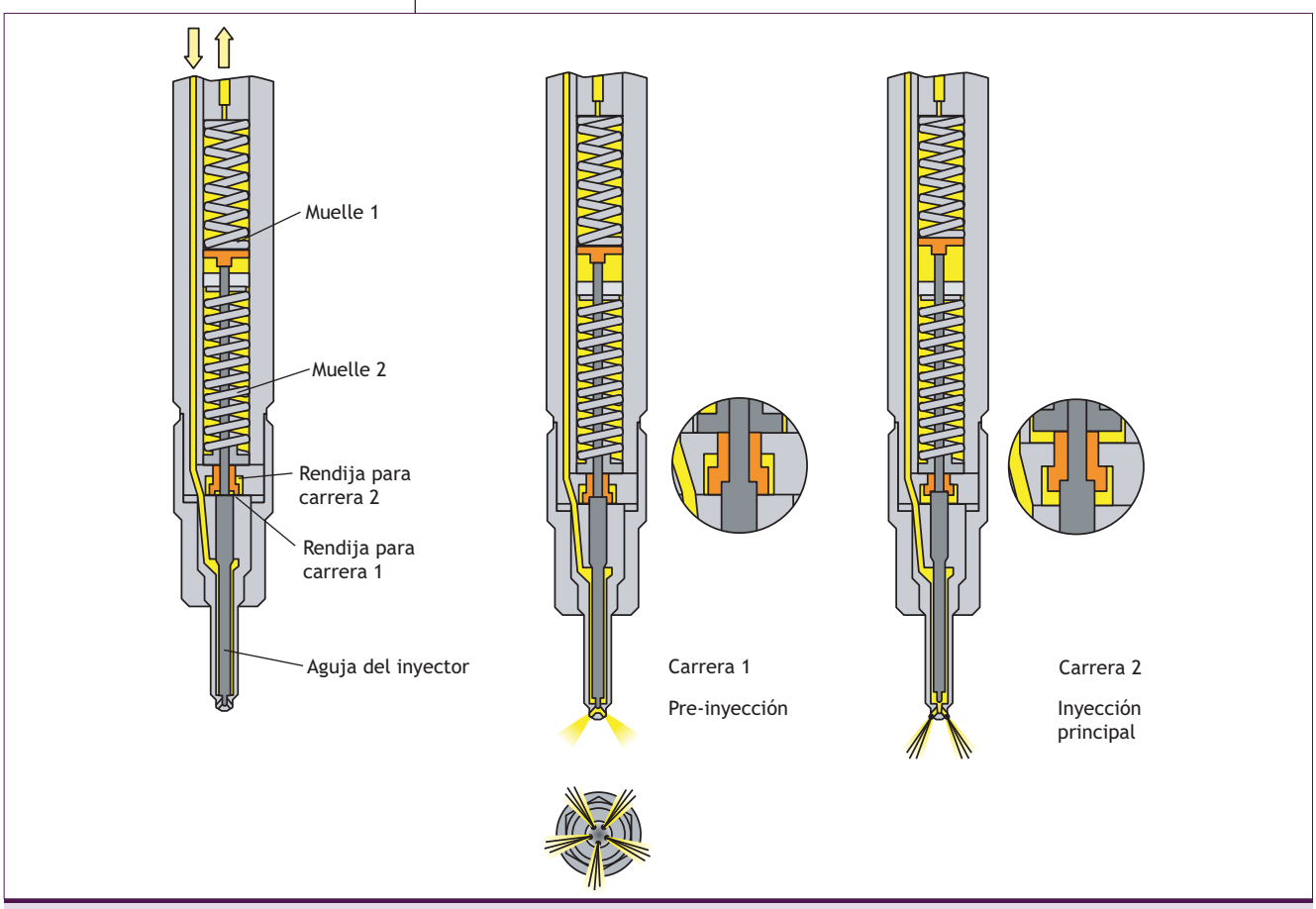
Su estructura está formada por el cuerpo del inyector, dos muelles (primario y secundario) y la aguja (figura 8.5). La constante elástica de los muelles es diferente con el fin de diferenciar las dos etapas de funcionamiento del inyector.

Características de un inyector bimuelle

La correcta pulverización y homogeneidad del combustible en la cámara se obtiene mediante la perfecta distribución del combustible en la misma. Esto se logra utilizando inyectores de cinco orificios de un diámetro aproximado de 0,816 mm y distribuidos cada 72°.

En la **primera etapa,** en el instante en que la bomba de inyección pone el inyector respectivo bajo presión, la aguja se levanta por la presión de combustible comprimiendo el muelle primario (1), quedando la carrera limitada por el casquillo de empuje, el cual está sometido a la presión del segundo muelle (2). Con el inyector ligeramente abierto, una pequeña cantidad de carburante es expulsada por los orificios de inyección. La baja presión alcanza en esta etapa en torno a los 120 bar.

La **segunda etapa** comienza al seguir aumentando la presión de combustible y finalizar la aguja su carrera (1) y apoyarse esta contra el muelle secundario (2). En esta situación se vence la resistencia de los dos muelles por la acción del casquillo de empuje. La carrera 2 de esta fase queda igualmente limitada por el casquillo por la acción del elemento intermedio, limitando de esta manera el caudal de inyección. La presión de esta etapa oscila desde los 240 bar de comienzo hasta los 650 del final de la inyección.



8.5. Etapas de funcionamiento de un inyector bimuelle.

>> Actividades propuestas

1·· En un motor diésel con regulación electrónica, desmonta y monta los inyectores bimuelle.

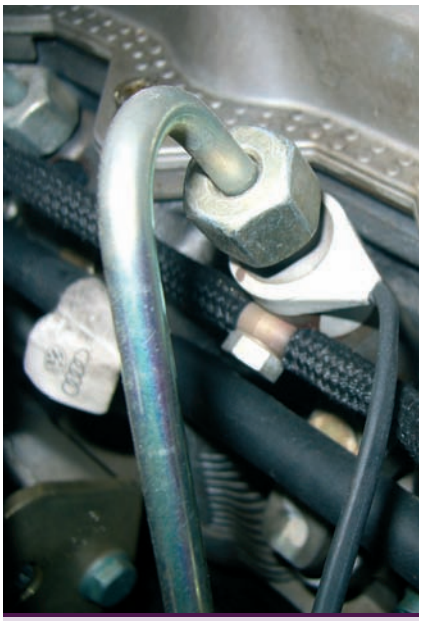
2.3 > Sensores

En este apartado no se explicarán aquellos sensores que ya hayan sido detallados bajo el mismo principio de funcionamiento en la unidad de inyección electrónica de gasolina.

Transmisor de inicio de inyección

El transmisor de inicio de inyección registra el momento en que comienza la apertura del inyector de uno de los cilindros del motor (figura 8.6), siendo este valor marcado por la bomba inyectora y, por tanto, idéntico para el resto de cilindros.

Este transmisor consta de una bobina magnética situada en la parte superior de uno de los inyectores (figura 8.7), que recibe constantemente una corriente continua aproximada de 30 mA de la unidad de control, generando de esta forma un campo magnético.



8.6. Ubicación del transmisor de inicio de inyección sobre el inyector.

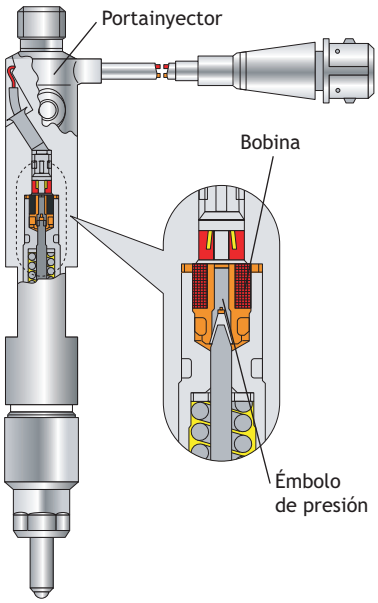
En el interior de la bobina se encuentra un émbolo de presión, al cual se transmite el desplazamiento de la aguja del inyector. Al levantarse la aguja del inyector bajo la presión del combustible, el émbolo penetra en la bobina. Como consecuencia el campo magnético se altera y se induce una tensión.

La unidad de control reconoce el pico de tensión generado al abrirse el inyector como el inicio de la inyección.

La señal típica de un sensor de carrera de aguja es como la de la figura 8.8.A.

Posibilidad de avería

Si existiese conjuntamente la avería del transmisor de régimen y de carrera de la aguja, el motor se pararía.



8.7. Detalle del transmisor de inicio de inyección en el inyector.

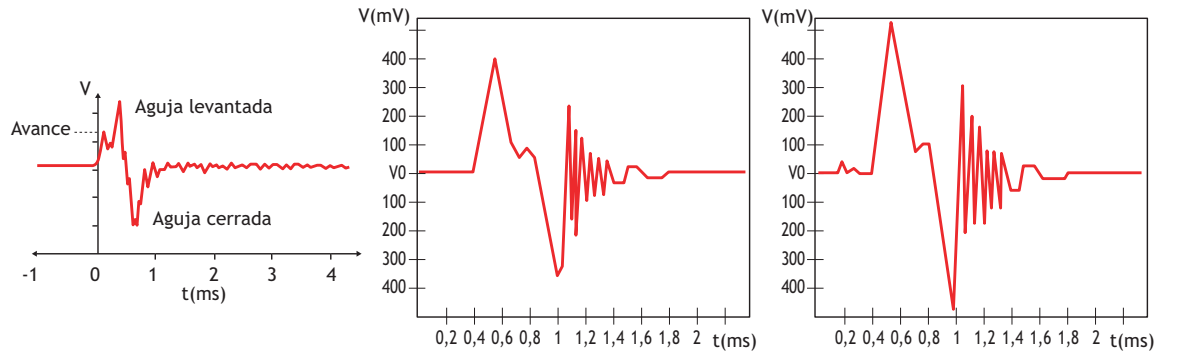
Técnica

Medidas de la resistencia, tensión y señales de salida

•• Comprobar la resistencia y la tensión de alimentación sobre el inyector de un motor TDI con sensor de inicio de inyección.

Obtener además las señales de salida del inyector con motor a ralentí y acelerando.

- La resistencia con el sensor desconectado de la instalación eléctrica será aproximadamente de 95 Ω.
- Con el sensor conectado a la instalación eléctrica la tensión de alimentación es de 4-4,5 V, y con el sensor desconectado y punta de pruebas sobre instalación, de 12 V.
- Con una punta de prueba sobre cualquiera de los dos extremos de la bobina del inyector y la otra a masa, se obtendrán las siguientes curvas (figuras 8.8.B y 8.8.C).



A Señal de inicio B En ralentí C Acelerando

8.8. Curvas del transmisor de inicio de inyección: señal típica, en ralentí y acelerando.

Transmisor de posición de la corredera de regulación

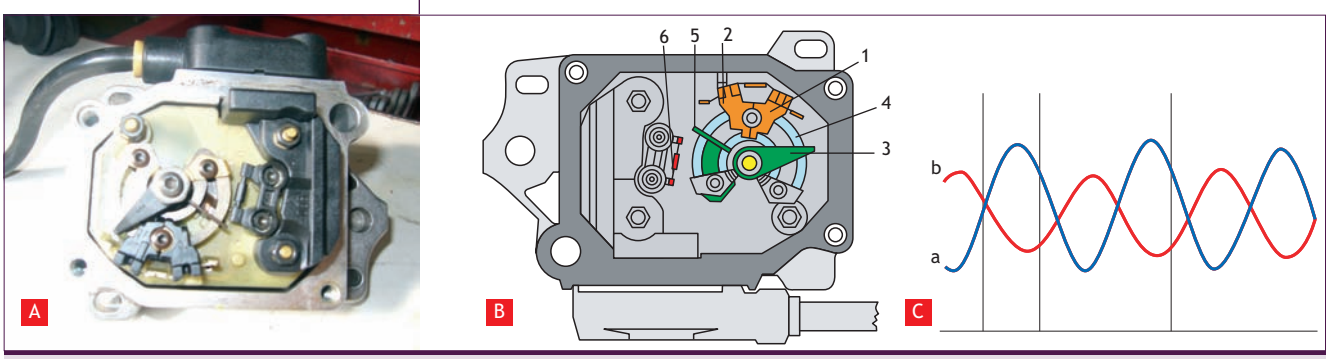
El transmisor de posición de la corredera de regulación capta el ángulo de rotación del árbol excéntrico y transmite esa información a la unidad de control en forma de señal de tensión. Cada ángulo de rotación del árbol excéntrico corresponde a una posición de la corredera de regulación determinada y, con ello, a una cantidad de inyección definida.

El sensor se encuentra en la caja superior de la bomba inyectora y está compuesto por dos captadores inductivos. Cada uno de ellos a su vez contiene un paquete de chapas, una bobina y un anillo de cortocircuito, siendo en uno fijo y en otro móvil (figura 8.9.A y 8.9.B).

La señal del captador móvil es utilizada para conocer la posición exacta de la corredera de regulación, mientras que la del captador fijo se utiliza como referencia para la anterior señal (figura 8.9.C).

La bobina de cada captador es alimentada con una tensión alterna a una frecuencia aproximada de 10 kHz y con una tensión media de 5 V. Esto provoca un campo magnético alterno en el paquete de chapas. Este campo magnético varía en función de la colocación del anillo corrector, lo que provoca una modificación en la tensión media de salida del bobinado y que sirve como señal a la unidad de control.

1 Bobina 1
2 Bobina 2
3 Anillo móvil
4 Núcleo
5 Anillo fijo
6 Transmisor temperatura combustible
A Aspecto exterior del transmisor de la corredera de regulación
B Partes del transmisor de la corredera de regulación
C Señales de un transmisor de la corredera de regulación



A B C

8.9. Transmisor de posición de la corredera de regulación. Señales de un transmisor de la corredera de regulación.

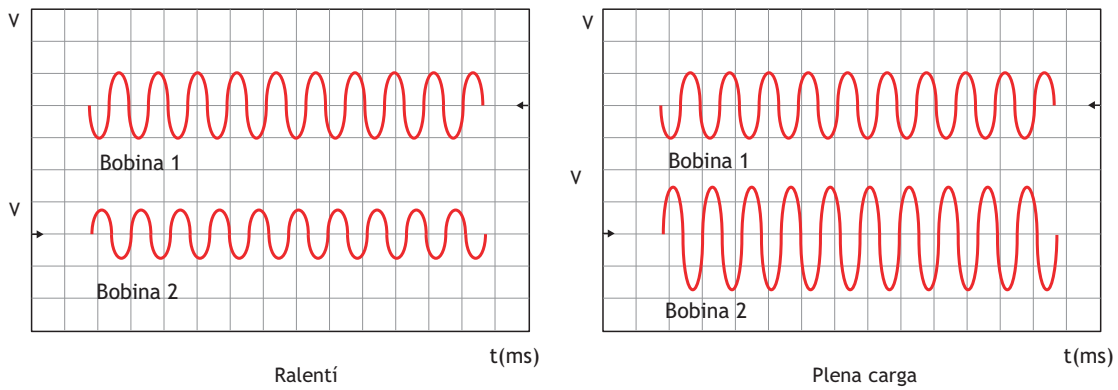
Técnica

Comprobación transmisor de posición de la corredera de regulación

•• Comprobar la resistencia de sus bobinas y la tensión de alimentación sobre el sensor de corredera de caudal de las bombas TDI. Además, obtener en un osciloscopio la señal de salida de ambas bobinas en dos canales diferentes con motor a ralentí y a plena carga.

Antes de efectuar las comprobaciones oportunas se debe reconocer cada uno de los pins del conector.

- El valor más común de resistencia de las bobinas con el sensor desconectado de la instalación eléctrica es de 5 a 7 Ω.
- La tensión de alimentación con el sensor conectado es de 2,5 V y con el sensor desconectado de 5 V, aproximadamente.
- Los valores más comunes de ambas bobinas y sus curvas son los siguientes (figura 8.10):
  - Bobina 1: 2 V entre picos a ralentí y a plena carga.
  - Bobina 2: 1,5 V entre picos a ralentí y 3 V entre picos a plena carga.



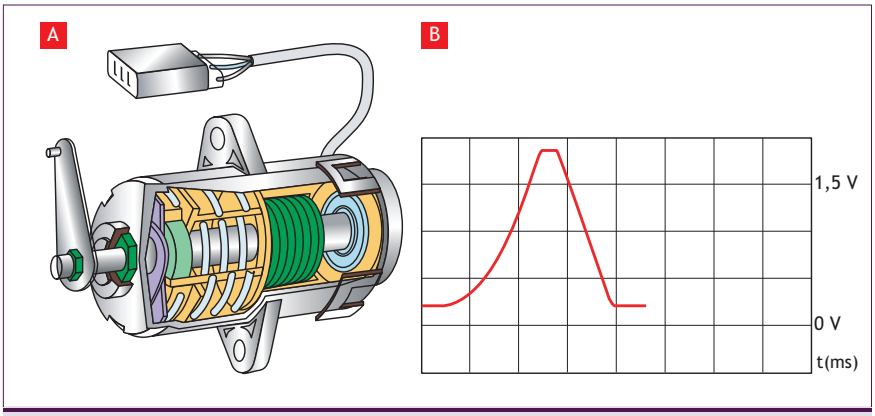
8.10. Señales del transmisor de la corredera de regulación con motor en ralentí y plena carga.

Transmisor de posición del pedal del acelerador

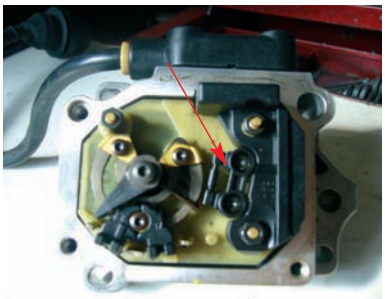
El transmisor de posición del pedal del acelerador va situado en el soporte del cojinete del acelerador y determina la posición del pedal del acelerador mediante un potenciómetro (figura 8.11.A), transmitiendo esa información a la unidad de control en forma de señal de tensión variable.

El árbol del sensor de posición del pedal del acelerador y el contactor del cursor del potenciómetro van situados en el interior del conjunto y giran por medio de un cable de accionamiento corto. De este modo, se varía la resistencia del potenciómetro y la tensión aplicada. La tensión del potenciómetro varía proporcionalmente al movimiento del acelerador (figura 8.11.B).

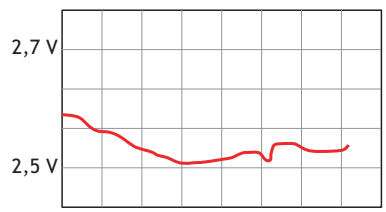
Cada posición del acelerador corresponde a un valor de tensión determinado del sensor de posición del pedal del acelerador, el cual es evaluado por la unidad de control.



8.11. Transmisor de posición del pedal del acelerador (A) y señal del transmisor de posición del pedal del acelerador (B).



8.12. Situación transmisor temperatura de combustible.



8.13. Señal del sensor de temperatura de combustible.

Transmisor de temperatura de combustible

El transmisor de temperatura de combustible sirve para indicar la temperatura efectiva del combustible a la unidad de control de la instalación.

La unidad de control necesita esta información para corregir la cantidad de inyección en función de la masa de combustible.

El transmisor está situado junto al potenciómetro de carrera de la corredera en la parte superior de la bomba de inyección y se encuentra rodeado de combustible (figura 8.12). El sensor está diseñado como una resistencia variable con coeficiente de temperatura (NTC).

La señal es recibida por la unidad de control mediante una señal de tensión provocada por la variación de resistencia del sensor de temperatura (figura 8.13).

En caso de avería del sensor la unidad de control conmuta a una función de emergencia, siendo un valor fijo de temperatura de combustible el utilizado para la regulación del caudal inyectado.

2.4 > Actuadores

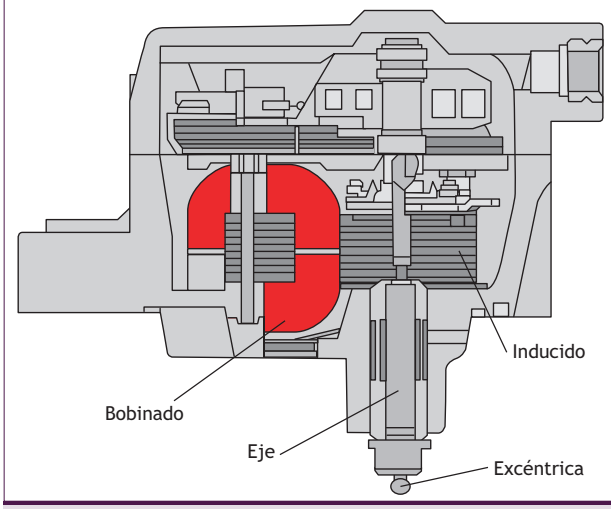
Elemento dosificador o posicionador

El elemento dosificador o posicionador está situado en la parte superior de la bomba inyectora y tiene la función de dosificar la cantidad de combustible de inyección por medio del movimiento axial de la corredera de regulación, según una señal eléctrica que recibe de la unidad de control.

El accionamiento de la corredera se realiza por un eje giratorio el cual, mediante una rótula excéntrica situada en una de sus extremidades, provoca el movimiento de regulación. El movimiento angular del eje está limitado a 60°, variando el caudal inyectado desde una situación de corte de combustible en la posición de reposo, hasta la máxima cantidad de combustible inyectado al llegar al máximo ángulo de giro del eje inducido.

El actuador (figura 8.14) consta de un motor de corriente continua, compuesto de un inducido y un bobinado:

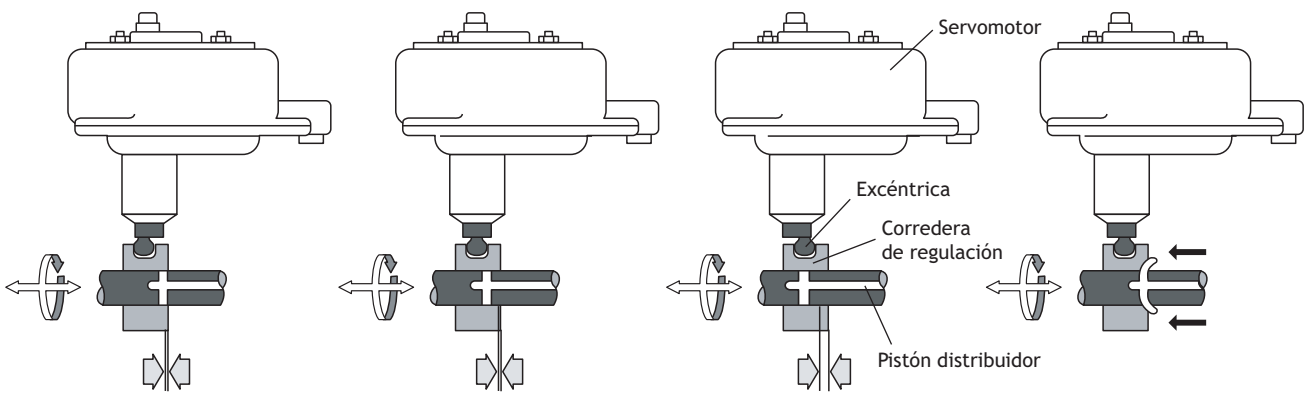
- El inducido es el eje giratorio que comanda a la corredera.
- El bobinado es el que genera el campo magnético en función de la excitación de negativo de la unidad de control, recibiendo el positivo del relé de alimentación de los actuadores.



8.14. Elemento dosificador de combustible.

Al moverse la corredera, la perforación de retorno que va de la parte de alta presión al interior de la bomba se abre más temprano o más tarde. La alta presión disminuye y se logra el fin de la alimentación. Las posiciones de la corredera pueden ser las siguientes dependiendo del estado de funcionamiento del motor (figura 8.15):

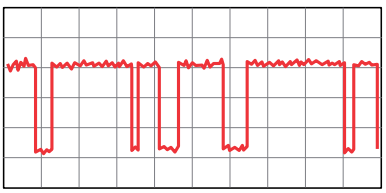
- **Ralentí.** El ciclo de trabajo y el ángulo de rotación son bajos. La corredera de regulación se mueve muy poco. El movimiento de la carrera del pistón distribuidor provoca la apertura temprana de la perforación de regulación, inyectándose muy poco combustible.
- **Carga parcial.** El ciclo de trabajo aumenta y, en consecuencia, el ángulo de rotación del dosificador de combustible también será más grande. La corredera de regulación sigue moviéndose. De ese modo, el taladro de regulación del pistón distribuidor se abre más tarde y se inyecta una cantidad mediana de combustible.
- **Plena carga/cantidad de arranque.** El ciclo de trabajo sigue aumentando, y el ángulo de rotación del dosificador de combustible puede, bajo ciertas condiciones de servicio, lograr su valor máximo. La carrera de la corredera de regulación aumenta también en un valor correspondiente. El combustible solamente puede salir más tarde por el taladro de regulación y se alcanza la cantidad de combustible en plena carga.
- **Regulación/posición de reposo.** Cuando la velocidad de régimen del motor es máxima para una condición de servicio determinada, se puede reducir el ciclo de trabajo hasta cero. En este caso, se interrumpe la excitación



8.15. Diferentes posiciones de la corredera de regulación dependiendo del estado de funcionamiento del motor.

del dosificador de combustible y el muelle de retorno empuja el árbol excéntrico hasta **su posición inicial.** De ese modo, la corredera de regulación abre el taladro de regulación y, en consecuencia, no se puede formar alta presión ni inyectar combustible.

La señal negativa que recibe este actuador de la UCE es de tipo pulsatoria y frecuencia variable (figura 8.16).



8.16. Señal del elemento dosificador.

Electroválvula para la regulación del comienzo de la inyección

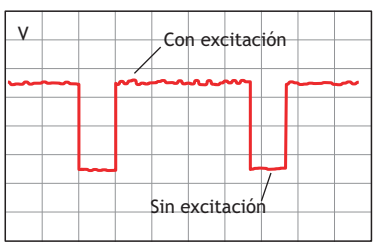
Esta válvula está situada en la parte inferior de la bomba inyectora (figura 8.17). Tiene como función corregir la presión de control en el émbolo de la variación de avance, situado en la bomba de inyección, para alcanzar de ese modo un inicio de inyección definido para un estado de funcionamiento determinado.

Está compuesta por un émbolo, un muelle y un bobinado (figura 8.18). El émbolo en reposo no permite el paso de combustible hacia retorno al quedar cerrado el paso por la acción del muelle. La apertura es controlada por la unidad de control en función de una señal eléctrica, regulando con ello el combustible que fluye hacia retorno y, por lo tanto, la presión de combustible que afecta al émbolo, provocando en dependencia de la señal el avance o retardo del comienzo de inyección.

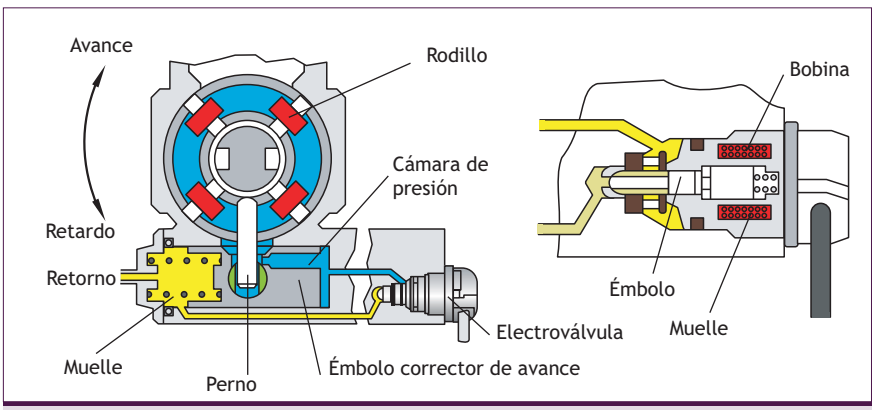
La válvula magnética es gobernada a través de la excitación de la misma, siendo esta una corriente pulsatoria con una frecuencia fija, en la cual se varía la relación de ciclo para establecer la apertura exacta de la válvula (figura 8.19). Cuando no se excita (ciclo de trabajo al 0%), la válvula está cerrada, y la presión interna total actúa sobre el émbolo de la variación de avance. El inicio de inyección tiene lugar muy temprano. Si se excita la válvula magnética sin interrupción (ciclo de trabajo al 100%), no actúa ninguna presión en el émbolo de la variación de avance y no se produce variación de avance.

En caso de avería, la unidad de control desactiva la regulación electrónica del comienzo de inyección, quedando el ángulo de avance del comienzo de inyección excesivamente adelantado. La unidad conmuta a una función de emergencia en la cual se corrige el caudal inyectado y se limita la presión de sobrealimentación, evitando con ello posibles deterioros en los elementos mecánicos.

8.17. Ubicación de la electroválvula de regulación de comienzo de la inyección.



8.19. Señal de la electroválvula para el comienzo de inyección.



8.18. Electroválvula para la regulación del comienzo de inyección.

Electroválvula de corte de combustible

Esta electroválvula está gobernada por la unidad de control del motor en el sistema EDC, teniendo la misma función que la explicada en la bomba rotativa BOSCH VE.

Recibe alimentación positiva de corriente al dar el contacto, procedente de la unidad de control de motor. Esta alimentación queda interrumpida al quitar el contacto provocando la parada inmediata del motor.

Bujías de incandescencia

Las bujías de incandescencia tienen la función de calentar el aire para mejorar el proceso de combustión, situando solamente la punta de la bujía en el interior de la cámara (figura 8.20). Son de tipo PTC y son excitadas por positivo por un relé controlado por la unidad de control motor, siendo esta la que fija el tiempo de precalentamiento, tiempo de espera y postcalentamiento.

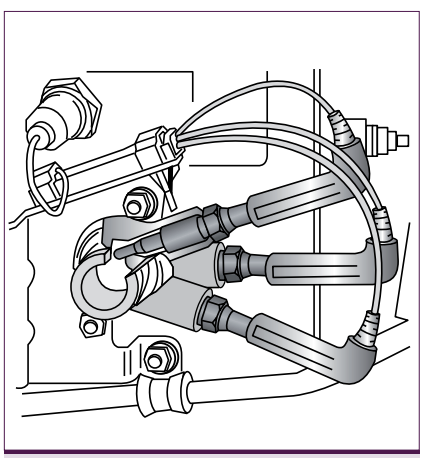
Bujías para la calefacción adicional

Este tipo de bujías, normalmente 3, se encuentran situadas en el manguito de líquido refrigerante de salida de la culata hacia el radiador de la calefacción (figura 8.21) con el fin de permitir rápidamente la disponibilidad de la calefacción del habitáculo.

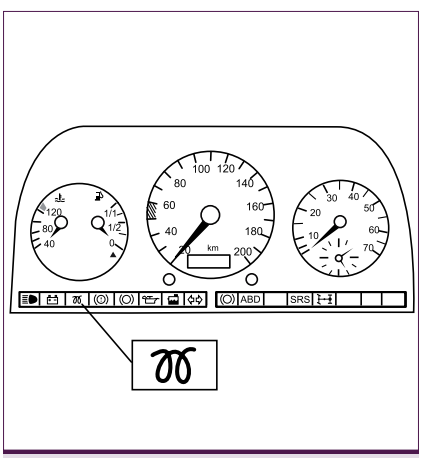
Son de tipo PTC y son gobernadas por la unidad de control del motor mediante un relé doble, tanto en el tiempo como en el número de bujías en funcionamiento.

Testigo de precalentamiento y avería

Está situado en el cuadro de instrumentos. Es gobernado por la unidad de control de dos formas diferentes: parpadeante y continuo (figura 8.22). El testigo se encuentra encendido de forma **continua** para indicar que se encuentra activado el sistema de precalentamiento, luciendo durante un breve espacio de tiempo dependiendo de la temperatura del motor. **Parpadeará** cuando exista alguna avería grave en el sistema.



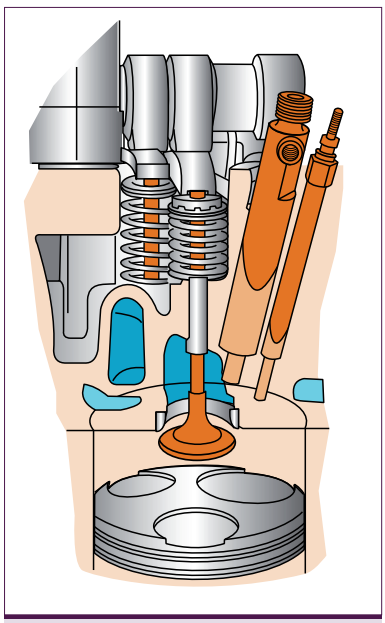
8.21. Ubicación de las bujías de calefacción adicional.



8.22. Símbolo del testigo de precalentamiento y avería.

Consumo de las bujías de la calefacción adicional

El consumo de las bujías para calefacción adicional en el momento de la conexión a bajas temperaturas supera los 20 A, reduciéndose este valor con el incremento de la temperatura.



8.20. Situación de la bujía de preincandescencia.

8.23. Inyector-bomba electromagnético. Fuente BOSCH.

3 >> Sistema inyector-bomba

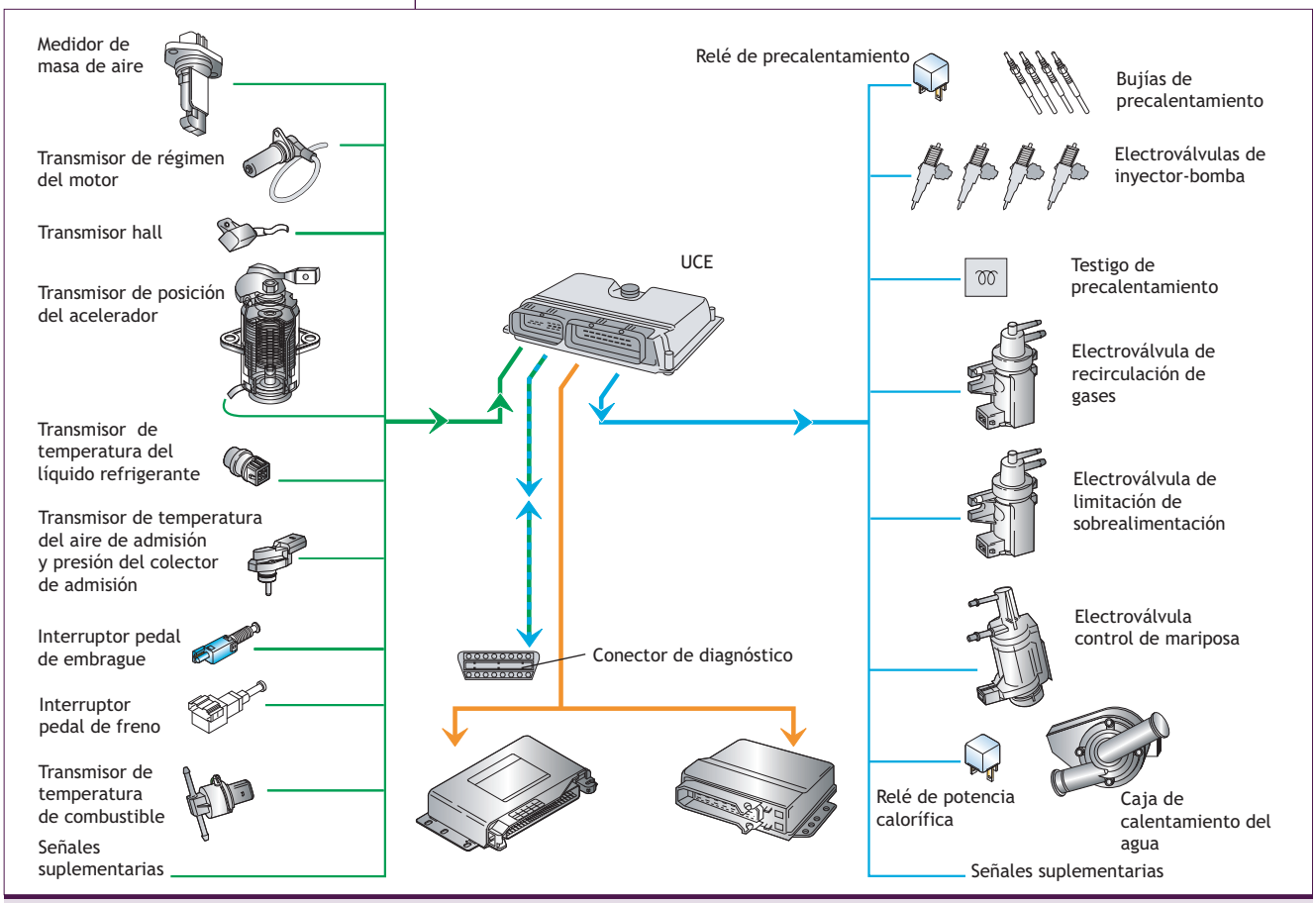
El inyector-bomba es una bomba de inyección con una electroválvula de control y un inyector (figura 8.23).

Todo ello está agrupado en un mismo conjunto sobre la culata, teniendo cada cilindro asignado un inyector-bomba. En comparación con los sistemas precedentes esta configuración presenta grandes ventajas, gracias a la eliminación de las tuberías de alta presión, desde la bomba hasta los inyectores.

Este único conjunto asume las siguientes funciones:

- La **bomba** genera alta presión de combustible para realizar la inyección.
- El **inyector** divide en dos fases el proceso de inyección para mejorar la combustión:
  - Preinyección.
  - Inyección principal.
- La **electroválvula de control** regula el comienzo de la inyección y el tiempo de inyección o la cantidad que se va a inyectar.

El cuadro general del sistema con inyector-bomba es como el representado en la siguiente figura:

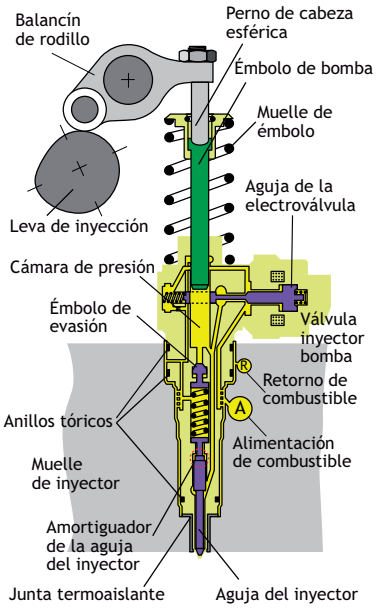


8.24. Representación esquemática de un sistema EDC con sistema inyector-bomba.

3.1 > Estructura de un inyector-bomba

Para conseguir los dos principales objetivos de este sistema (generar la alta presión para la inyección e inyectar el combustible en la cantidad correcta y en el momento preciso) el inyector cuenta con los siguientes elementos (figura 8.25):

- **Conjunto generador de alta presión.** Formado por la leva de inyección, el balancín de rodillo, el émbolo de bomba y el muelle de émbolo.
- **Electroválvula de mando.** Consta de la aguja de electroválvula, el inducido y la bobina.
- **Inyector.** Formado por el émbolo de evasión, el muelle del inyector, el amortiguador de la aguja del inyector y la aguja del inyector.



8.25. Estructura de un inyector-bomba.

Impulsión

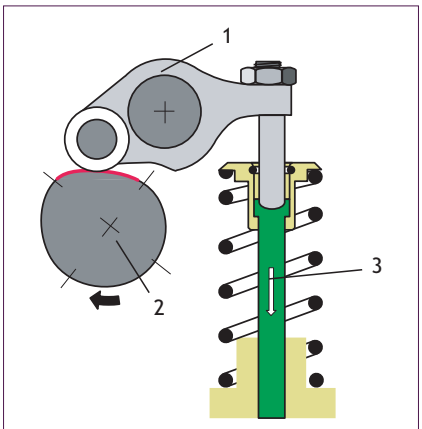
El movimiento es transmitido desde el árbol de levas hacia los inyectores-bomba mediante tres balancines con rodillo. Los balancines giran en torno a un eje de balancines central que está atornillado a los sombreretes del árbol de levas.

El balancín con rodillos dispone de un tornillo de regulación, para ajustar el juego existente entre el mismo y el inyector-bomba. Es necesario realizar el ajuste siempre que se desmonte el inyector-bomba o se sustituya alguno de los elementos que participan en el accionamiento del inyector-bomba.

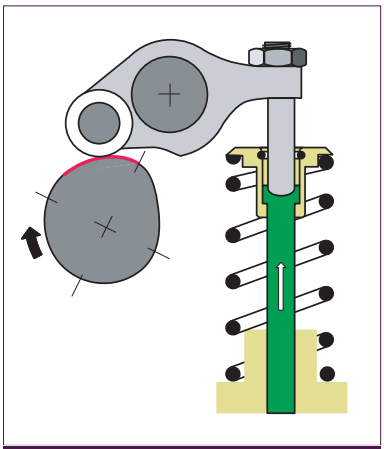
La leva del árbol de levas encargada del accionamiento del inyector-bomba tiene un **flanco de ataque** muy pronunciado. Esta característica permite que el émbolo de la bomba sea oprimido a alta velocidad (figura 8.26), alcanzando rápidamente una alta presión de inyección.

El **flanco de salida** es muy suave, desvaneciéndose poco a poco hasta prácticamente el comienzo del flanco de ataque. Gracias al desplazamiento lento y uniforme (figura 8.27) el combustible puede refluir hacia la cámara de alta presión del inyector-bomba sin que se generen burbujas.

1 Balancín de rodillo
2 Leva de inyección
3 Émbolo de bomba



8.26. Rápida subida de la presión. Flanco ascendente.



8.27. Movimiento lento y uniforme. Flanco descendente.

>> Casos prácticos

Características de un inyector-bomba

•• Busca en un catálogo de constructor las características principales de un inyector-bomba de un motor 1.4 L TDI.

Solución ··

Características	Medida aproximada
Caudal de preinyección	1-2 mm^3
Cantidad inyectable	0-65 mm^3
Ángulo entre preinyección e inyección	6-10° de cigüeñal
Máxima duración de la inyección	30° de cigüeñal
Presión de apertura de preinyección	180 bar
Presión de apertura de la inyección principal	305 bar
Presión máxima de inyección	2 050 bar

3.2 > Fases de funcionamiento del inyector-bomba

El trabajo del inyector-bomba consta de las siguientes fases de trabajo:

Fase A: alimentación de combustible

El llenado de la cámara de alta presión se produce cuando el émbolo de bomba (1) se mueve hacia arriba, por la fuerza del muelle de émbolo (2), aumentando así el volumen de la cámara de alta presión (3) (figura 8.28.A).

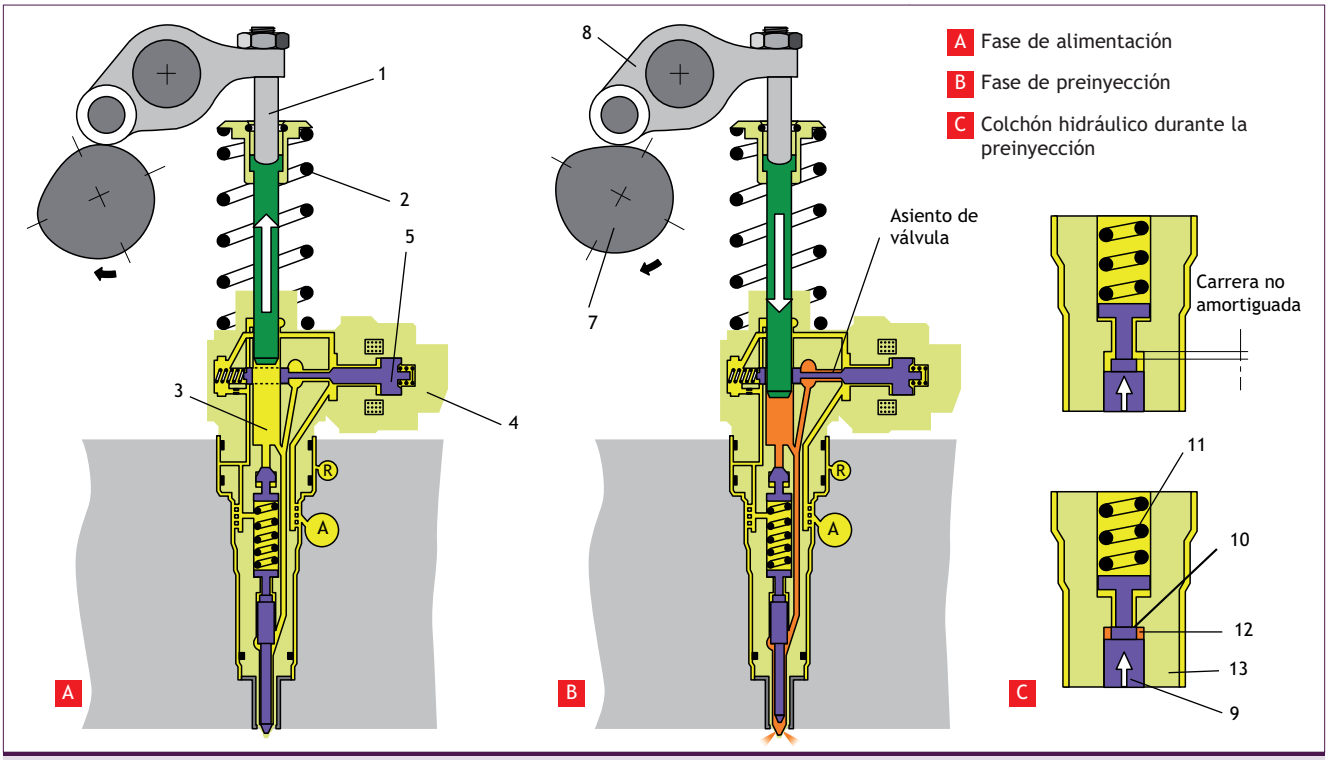
En esta fase la electroválvula (4) no está excitada, por lo que su aguja (5) se encuentra en posición de reposo, permitiendo el paso del combustible desde el conducto de alimentación (A) hasta la cámara de alta presión (3). La presión del combustible procedente de la bomba permite que este fluya rápidamente hacia la cámara de alta presión.

Fase B: preinyección

Comienza cuando la leva de inyección (7) oprime el émbolo de la bomba hacia abajo, mediante la acción del balancín de rodillo (8) (figura 8.28.B). El combustible que se encuentra en la cámara de alta presión comienza a ser desalojado a través de la aguja de la electroválvula en dirección al conducto de alimentación de combustible.

La unidad de control determina el momento en que **comienza la inyección, excitando para ello a la electroválvula** del inyector-bomba. La aguja de la electroválvula es oprimida contra su asiento, cerrando así el paso de la cámara de alta presión hacia el conducto de alimentación de combustible. A partir de ese momento en la cámara aumenta la presión de combustible, que se transmite hasta la aguja del inyector. Al alcanzarse aproximadamente los 180 bar se supera la fuerza del muelle del inyector, despegándose la aguja de su asiento. En ese momento comienza el ciclo de preinyección.

En la figura 8.28.C se observa el efecto de amortiguación de la aguja del inyector por medio de un **colchón hidráulico,** que permite dosificar con exactitud el combustible que se va a inyectar. En el primer tercio de la carrera, la aguja del inyector abre sin amortiguación, dosificándose la



8.28. Fases de funcionamiento del inyector-bomba.

cantidad prevista para la preinyección en la cámara de combustión. Una vez que el émbolo amortiguador (9) se introduce en el taladro de la carcasa del inyector (13), el combustible únicamente puede ser desalojado por la parte superior de la aguja, a través de una ranura de fuga (10), hacia la cámara de alojamiento para el muelle del inyector (11). Con esto se crea un colchón hidráulico (12) que se encarga de limitar la carrera de la aguja del inyector durante el ciclo de la preinyección.

Fase C: final de la preinyección

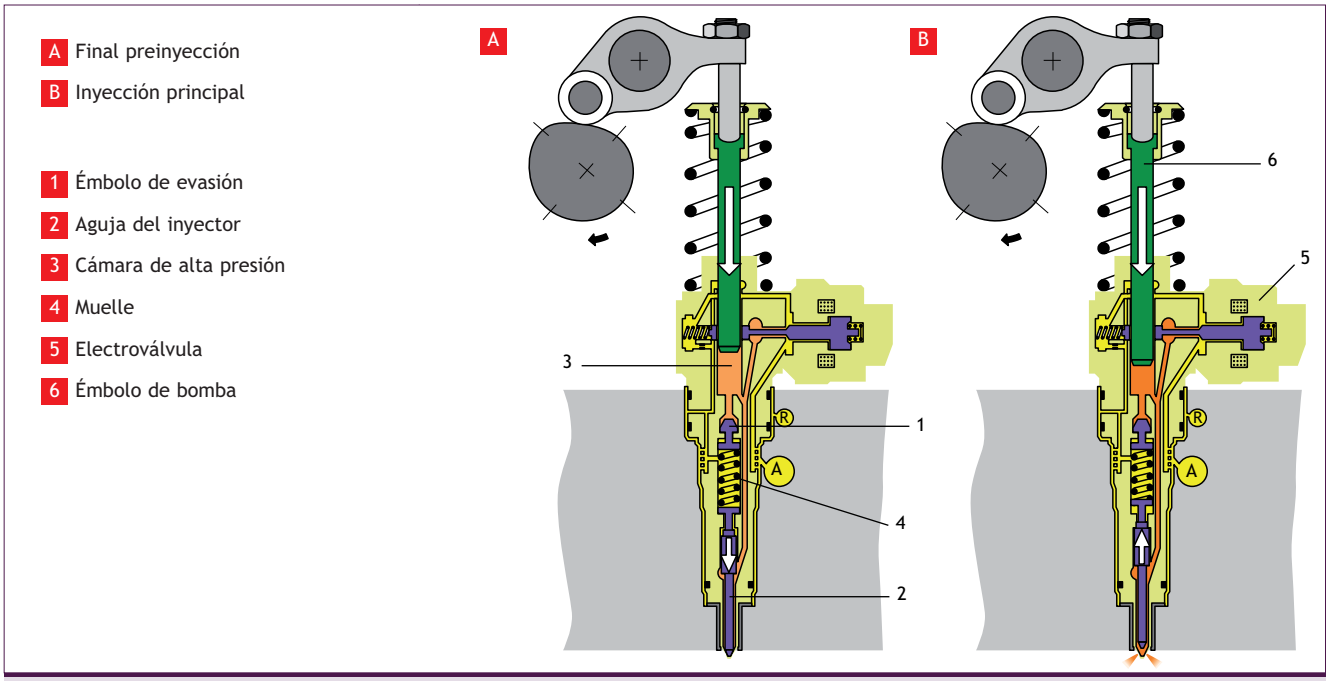
El ascenso de la presión hace que el émbolo de evasión (1) se desplace hacia abajo, aumentando así el volumen de la cámara de alta presión (3) (figura 8.29.A). En este momento la presión cae durante un breve instante y la aguja del inyector (2) vuelve a cerrar. Con esto, la presión en la cámara de alta presión aumenta, venciendo la tensión del muelle del inyector (4) y, por lo tanto, **descendiendo el émbolo de evasión.**

El descenso del émbolo de evasión conlleva una reducción repentina de la presión en la cámara de alta presión y hace que la fuerza ejercida por el muelle del inyector sobre la aguja sea mayor, provocando el cierre de la aguja del inyector y el final de la preinyección.

Fase D: inyección principal

La electroválvula (5) sigue cerrada y el émbolo de la bomba (6) se desplaza en sentido de descenso (figura 8.29.B). La inyección principal **comienza poco después de cerrarse la aguja del inyector,** ya que aumenta nuevamente la presión en la cámara de alta presión (3). Al alcanzarse unos **300 bar**

1 Émbolo de bomba
2 Muelle del émbolo
3 Cámara de alta presión
4 Electroválvula
5 Aguja de la electroválvula
6 Conducto de alimentación
7 Leva de inyección
8 Balancín de rodillo
9 Émbolo amortiguador
10 Ranura de fuga
11 Cámara de alojamiento del muelle del inyector
12 Colchón hidraúlico
13 Carcasa del inyector
A Alimentación de combustible
R Retorno de combustible



8.29. Fases de funcionamiento del inyector bomba.

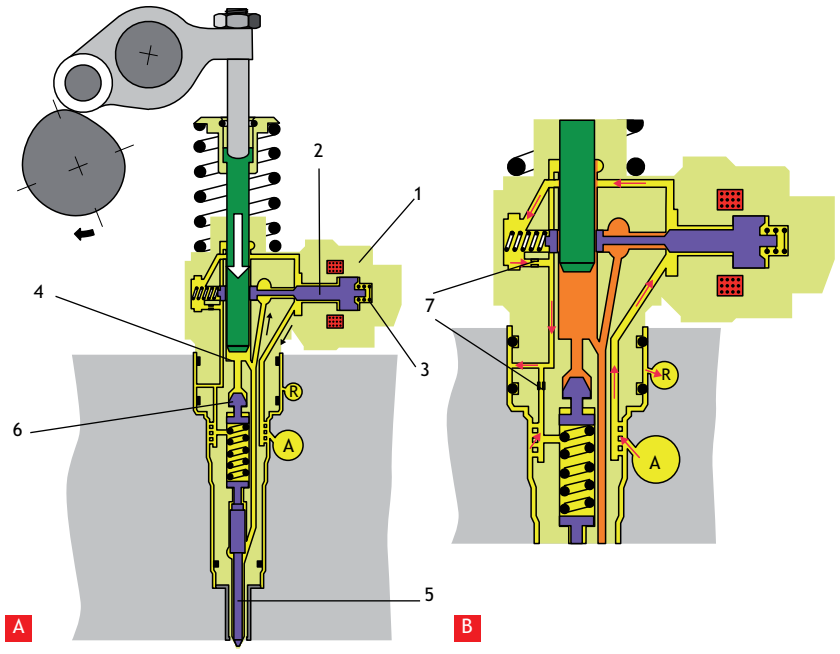
aproximadamente, la presión del combustible supera la fuerza del muelle pretensado del inyector (4). La aguja del inyector (2) se despega nuevamente de su asiento y se produce la inyección de combustible principal. La presión aumenta durante la operación de inyección hasta **2 050 bar** debido a que el émbolo de la bomba impele una mayor cantidad de combustible de la que puede escapar por los orificios del inyector. La presión alcanza su magnitud máxima en el momento en que el motor ofrece la potencia máxima, es decir, al tener un alto régimen de motor acompañado de una gran cantidad de combustible para inyectar.

Fase E: final de la inyección

El final de la inyección (figura 8.30.A) ocurre en el instante en el que la unidad de control del motor deja de excitar a la electroválvula (1). La aguja (2) de esta se desplaza a su posición de reposo por la acción del muelle (3) de la misma y la presión que se encuentra en la cámara de alta presión (4) disminuye, provocando el cierre de la aguja del inyector (5) y que el émbolo de evasión (6) retorne a su posición de inicio, finalizando de esta forma el ciclo de inyección principal.

El **circuito de retorno de combustible** (figura 8.30.B) responde a las siguientes necesidades:

- Recoger el combustible que se fuga por el émbolo de la bomba a alta temperatura. Este combustible no es posible introducirlo nuevamente al inyector hasta que no se haya enfriado.
- Eliminar las burbujas de aire que se pudiesen generar durante el funcionamiento del inyector-bomba. Las burbujas pasan al retorno de combustible por los estranguladores, los cuales están especialmente situados para recoger estas burbujas.



A Final de la inyección principal
B Retorno de combustible

1 Electroválvula
2 Aguja electroválvula
3 Muelle
4 Cámara de alta presión
5 Aguja inyector
6 Émbolo de evasión
7 Estranguladores
A Alimentación de combustible
R Retorno de combustible

8.30. Fases de funcionamiento del inyector bomba.

– Refrigerar el inyector-bomba, debido a la circulación continua de combustible desde el conducto de alimentación y en dirección al retorno.

3.3 > Circuito de alimentación de combustible

El combustible es aspirado del depósito por medio de una bomba mecánica, haciéndolo pasar a través del filtro de combustible para ser enviado al conducto de alimentación en la culata hasta los inyectores-bomba.

La cantidad de combustible que no se necesita para la inyección se devuelve al depósito a través del conducto de retorno en la culata, situándose en el circuito de retorno un transmisor de temperatura y un radiador de combustible.

El circuito está compuesto de los siguientes elementos (figura 8.31):

– Depósito de combustible (1).
– Filtro de combustible (2).
– Válvula de retención (3).
– Válvula de descarga (4).
– Bomba de combustible (5), tamiz (6), válvula de precalentamiento (7), válvula limitadora de presión (8), by-pass (9) y orificio estrangulador (10).
– Tubo distribuidor (11).
– Transmisor de temperatura del combustible (12).
– Radiador de combustible (13).

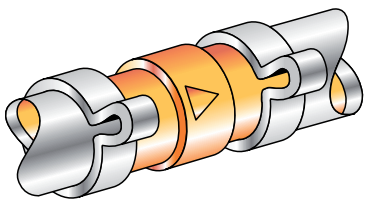
A continuación se explican detalladamente cada uno de los elementos anteriormente citados.

Bomba convencional

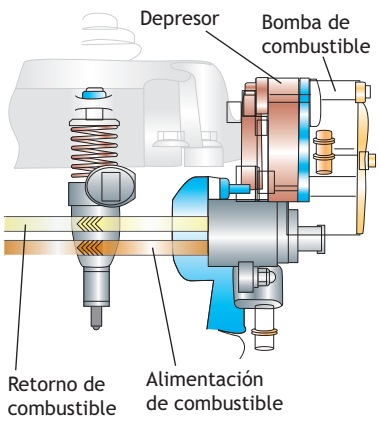
Las bombas de aletas convencionales no aspiran el combustible hasta haber alcanzado un régimen de revoluciones suficiente para que las aletas se apoyen por fuerza centrífuga contra el estator.

Depresor de bomba

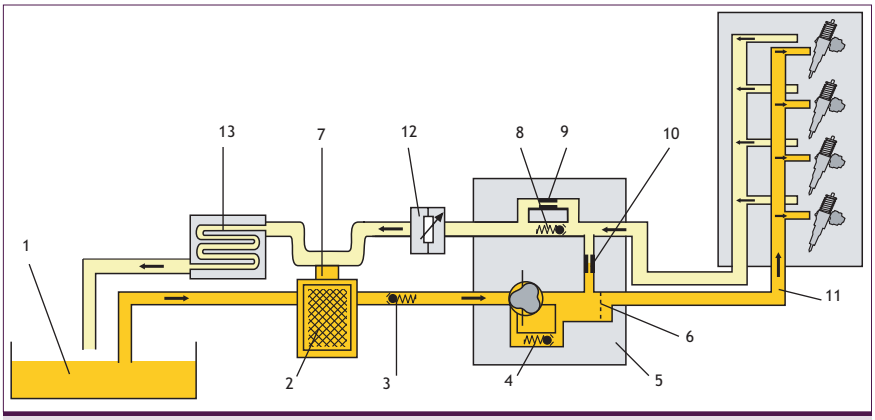
El depresor, acoplado junto a la bomba tándem del sistema inyector-bomba, tiene la función de generar el vacío para los diferentes elementos del vehículo.



8.32. Válvula de retención.



8.33. Ubicación de la bomba de combustible.



8.31. Circuito de alimentación de combustible de baja presión.

Válvula de retención

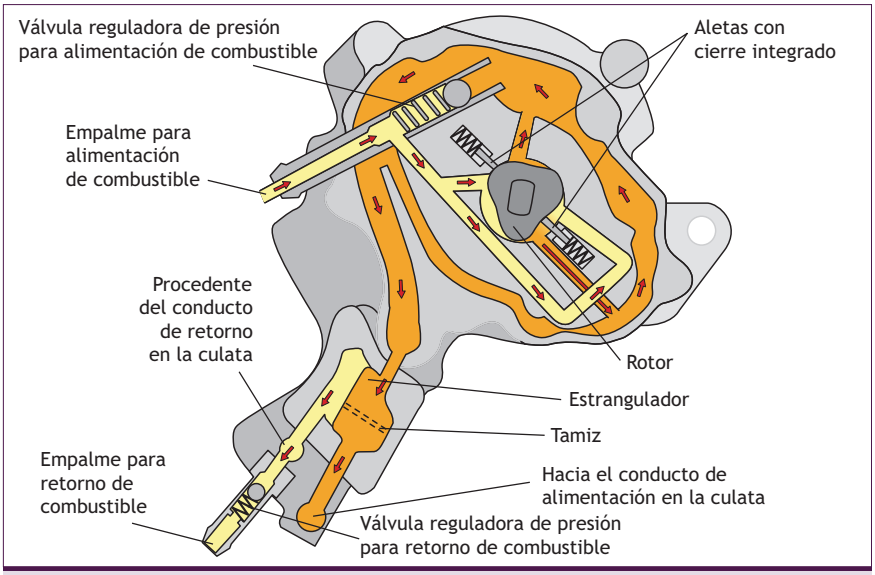
Su misión es la de impedir el retorno de combustible de la bomba hacia el depósito cuando el motor se encuentra parado (figura 8.32). Su presión de apertura es de 0,2 bar aproximadamente.

Bomba de combustible

Aspira el combustible del depósito haciéndolo pasar por el filtro e impulsándolo hasta los inyectores bomba (figura 8.33).

El tipo de bomba utilizada en estos circuitos recibe el nombre de **tándem** y en su interior se encuentran dos válvulas (figura 8.34):

- **Válvula reguladora de presión.** Regula la presión del combustible en la zona de alimentación. Al alcanzar una presión superior a 7,5 bar, abre y el combustible pasa de nuevo hacia la parte aspirante de la bomba.
- **Válvula limitadora de presión.** Mantiene la presión del retorno de combustible a 1 bar.



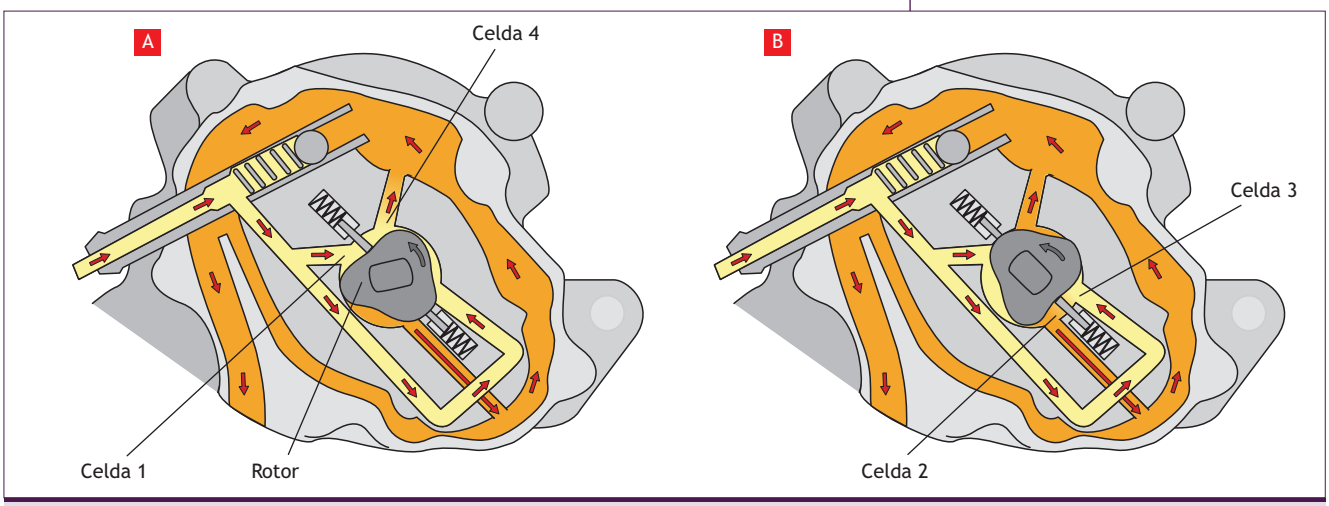
8.34. Componentes de una bomba de aletas.

Igualmente en la bomba se encuentra un **taladro estrangulador** que consigue eliminar las burbujas de vapor contenidas en la zona de alimentación del combustible, pasando a la zona de retorno. La bomba está compuesta por unas aletas que se ajustan contra las paredes del rotor gracias a la fuerza de unos pequeños muelles. Esto permite obtener una buena estanqueidad desde el momento del arranque y, por tanto, la alimentación de combustible hasta los inyectores bomba.

La conducción del combustible en el interior de la bomba está diseñada de forma que el rotor siempre se encuentre bañado de combustible, incluso cuando se haya agotado el depósito de combustible.

La bomba trabaja según el **principio de aspiración por aumento de volumen e impulsión por reducción de volumen.** El combustible se aspira e impulsa respectivamente en dos celdas. Las celdas aspirantes y las celdas impulsoras están separadas por medio de las aletas de cierre.

En la figura 8.35.A, el combustible es aspirado por la celda 1 e impulsado por la celda 4. Con el giro del rotor aumenta el volumen de la celda 1, al mismo tiempo que disminuye el volumen de la celda 4. En la figura 8.35.B están actuando las otras dos celdas. El combustible es impulsado por la celda 2 y aspirado por la celda 3.

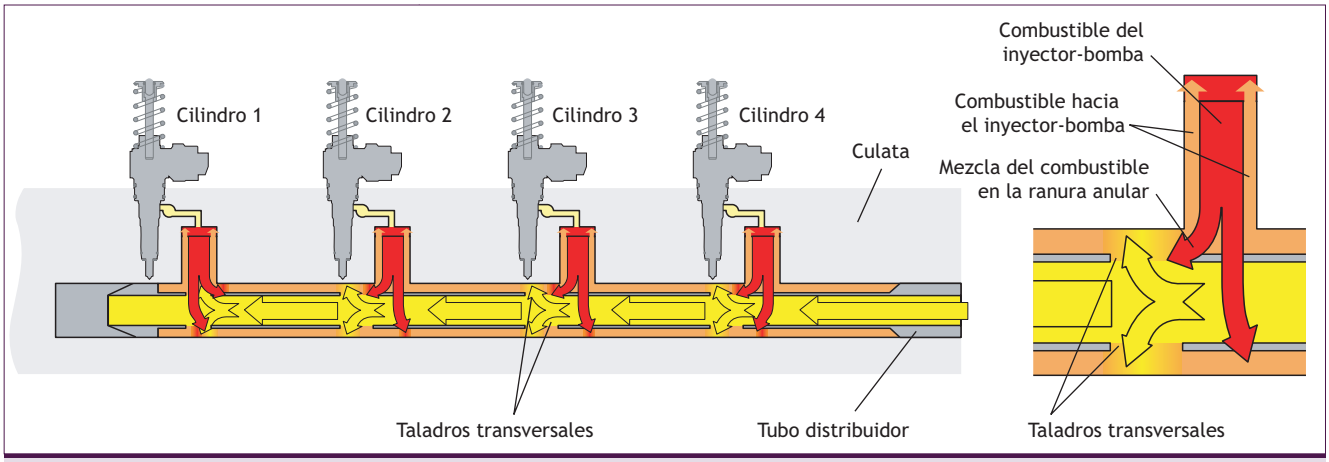


8.35. Fases de funcionamiento de una bomba de combustible de aletas.

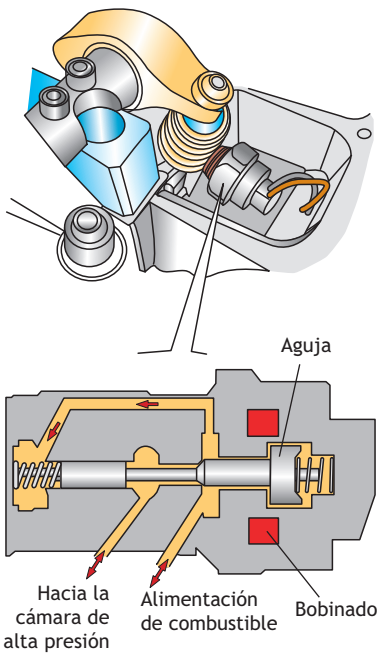
Tubo distribuidor

El tubo distribuidor está integrado en la culata y tiene la función de distribuir el combustible de forma uniforme hacia los inyectores-bomba.

Al tubo le llega el combustible procedente de la bomba de combustible a través de un conducto de alimentación por el que fluye en dirección al cilindro número 1 a través de los taladros transversales (figura 8.36). El combustible pasa a la ranura anular que existe entre el tubo distribuidor y la pared de la culata. En la ranura anular se mezcla el combustible caliente, expulsado por los inyectores bomba, con el combustible que llega de la bomba. Con esto se consigue una temperatura uniforme del combustible en la ranura anular para la alimentación de todos los cilindros.



8.36. Canalizaciones de combustible en el interior del tubo distribuidor. Mezcla de combustible en el interior del tubo distribuidor.



8.37. Ubicación de la electroválvula.

Avería de inyectores-bomba

En caso de presentarse una avería eléctrica o mecánica en una electroválvula, el inyector-bomba correspondiente dejará de inyectar gracias a una doble función de seguridad.
Si la electroválvula queda permanentemente abierta, no es posible generar presión en el inyector-bomba. Si queda cerrada no es posible llenar de combustible la cámara de alta presión.

Transmisor de temperatura del combustible

Tiene la función de registrar la temperatura del combustible de retorno mediante una resistencia NTC. Esta temperatura está en relación directa con la temperatura del combustible que va a ser inyectado. Mediante un cálculo interno de la unidad de control le permite conocer la densidad del combustible. La densidad del combustible influye en la masa inyectada, ya que para el mismo tiempo de inyección, cuanto menor sea la densidad, menor será la masa inyectada, y viceversa.

Está situado en el tubo de retorno a la salida de la bomba de combustible.

Válvula de precalentamiento

Tiene la función de cortar el paso del combustible de retorno hacia el filtro a temperaturas elevadas, y de abrirlo a una temperatura inferior determinada.

Radiador de combustible

Su misión es la de refrigerar el combustible de retorno para proteger el depósito y el aforador contra la entrada de combustible demasiado caliente.

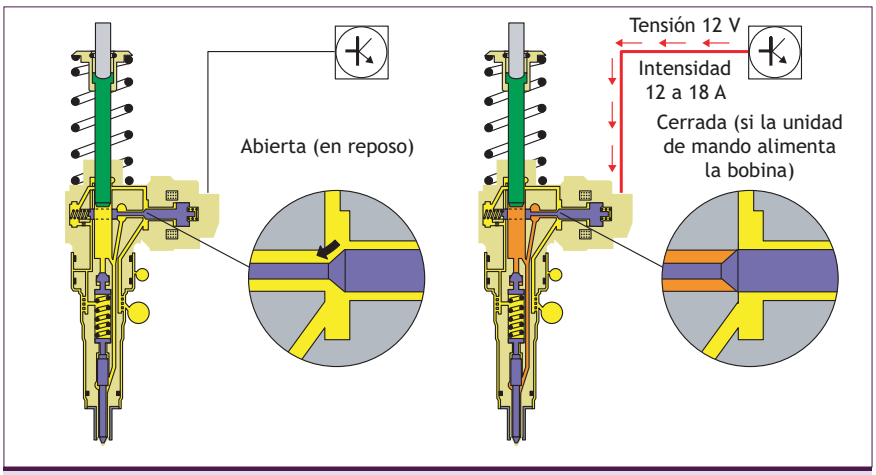
3.4 > Electroválvulas destinadas a inyectores-bomba

Se encuentran en un lateral del inyector-bomba (figura 8.37). Cuando esta no es excitada está en situación de reposo, permitiendo la circulación de combustible entre el tubo de alimentación y la cámara de alta presión.
Por el contrario, cuando recibe excitación, el campo magnético que se genera en el bobinado oprime la aguja de la válvula contra su asiento y cierra el paso hacia la cámara de alta presión. En este instante comienza a aumentar la presión y empieza el ciclo de inyección (figura 8.38).

A continuación se explica la secuencia de activación de un inyector-bomba electromagnético (figura 8.39):

- **Corriente de excitación.** La unidad de control define el comienzo de la inyección y la cantidad inyectada en función del momento y duración

de la excitación. Además vigila el desarrollo que experimenta la intensidad de la corriente para la electroválvula, permitiéndole reconocer el comienzo efectivo de la inyección. Al excitar la unidad a la bobina se genera un campo magnético, aumentando la intensidad de corriente hasta provocar el movimiento de la aguja y produciéndose una inflexión importante en el desarrollo de la intensidad en el momento en que la aguja impacta contra su asiento.



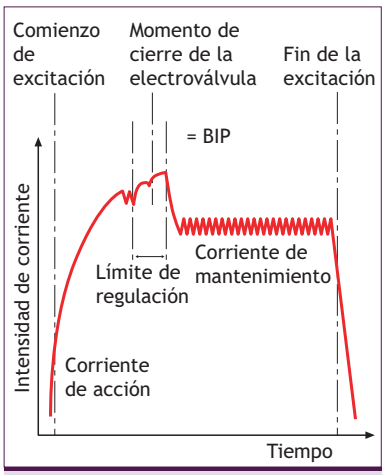
8.38. Posiciones de la aguja del inyector-bomba en función de la intensidad recibida.

- **Señal BIP.** La zona de inflexión se denomina BIP (abreviatura de *begin of injection period* = comienzo del ciclo de inyección). El BIP señaliza a la unidad de control el cierre completo de la electroválvula y, por tanto, el comienzo efectivo de la inyección.
- **Corriente de mantenimiento.** Durante este trayecto se está produciendo la inyección y la electroválvula permanece cerrada al estar recibiendo una corriente constante.
- **Fin de la excitación.** Momento en el que termina de alimentarse la electroválvula, por lo que esta abre, produciéndose el final de la inyección.

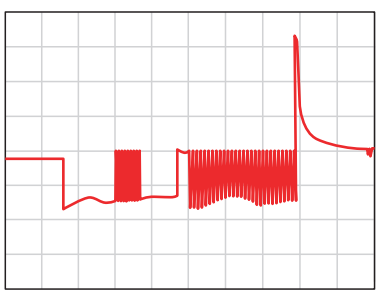
La señal que se obtiene mediante osciloscopio en un inyector-bomba es como la de la figura 8.40, en donde existen varias fases de trabajo. El tiempo de inyección está compuesto por un pulso fijo que provoca el movimiento de la aguja y de un tren de impulsos que mantiene la aguja abierta. De esta forma se regula la intensidad de corriente y se evita el calentamiento del inyector. Finalmente existe un tramo de desconexión de la electroválvula.

Masa de los inyectores

Todos los inyectores-bomba se alimentan con la misma masa de combustible, permitiendo al motor alcanzar una marcha cíclica uniforme.



8.39. Corriente de activación de la electroválvula de un inyector-bomba.



8.40. Señal de un inyector-bomba a ralentí.

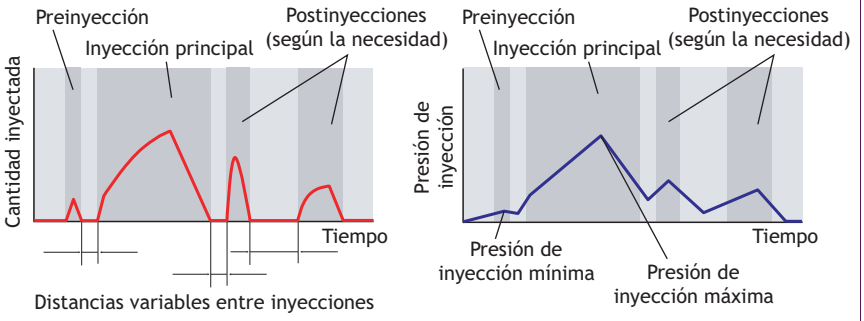
Técnica

Comprobar la resistencia y el consumo de la electroválvula de un inyector-bomba

- La resistencia debe ser de aproximadamente 0,5 Ω, sin contacto y con el conector de la UCE desconectado.
- El consumo de la electroválvula con el motor funcionando y la UCE conectada reflejará en el aparato medidor situado en serie una intensidad máxima de 18 A y una intensidad de mantenimiento de 12 A.

4 >> Inyector-bomba piezoeléctrico

Los nuevos inyectores que se están instalando en los vehículos de última generación son los de tipo piezoeléctrico. La diferencia fundamental respecto a los ya explicados radica en que se ha sustituido la válvula de control electromagnética por un **actuador piezoeléctrico,** el cual permite abrir la válvula de control del inyector hasta 5 veces más rápido. Con esta rapidez de apertura la unidad de control del motor puede gobernar cada una de las fases de inyección de las que consta cada ciclo: preinyección, inyección y postinyección, esta última para la regeneración activa del filtro de partículas (figura 8.41).



8.41. Gráficas de número de inyecciones y presión de las mismas.

Además, el diseño hidráulico se ha simplificado, lo que ha permitido eliminar el émbolo de evasión.

La presión máxima de inyección puede llegar a 2 200 bar, frente a los 2 050 bar que pueden alcanzar los inyectores-bomba con válvula electromagnética.

Las principales ventajas del inyector piezoeléctrico respecto al de electroválvula son las siguientes:

- Se reduce la rumorosidad del motor ya que se influye en la variación de la presión por medio de la válvula piezoeléctrica.
- Gestión de las fases de inyección de forma más precisa, puesto que la velocidad de la válvula piezoeléctrica es de 5 veces más rápida que la válvula electromagnética.
- Reducción de emisiones contaminantes y posibilidad de obtener mayor potencia.
- Aumento del rendimiento y menor consumo de combustible al suprimirse las cámaras de alta presión y el émbolo de evasión.

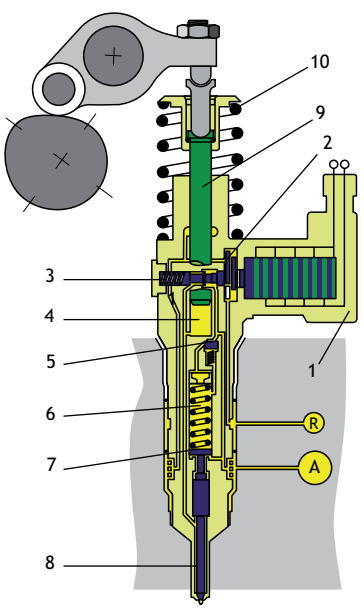
4.1 > Válvula piezoeléctrica

Esta válvula permite obtener mayores velocidades de conmutación, siendo además la conmutación gestionada a través de la tensión que se le aplica.

Los principales elementos de la válvula son los siguientes (figura 8.42):

- Actuador piezoeléctrico con carcasa.
- Terminal de conector.
- Transmisión.
- Aguja de la válvula.

1 Válvula para inyector-bomba (válvula piezoeléctrica)
2 Transmisión
3 Aguja de la válvula
4 Cámara de alta presión
5 Válvula de retención
6 Muelle
7 Émbolo de cierre
8 Aguja del inyector
9 Émbolo de bomba
10 Muelle
A Alimentación de combustible
R Retorno de combustible



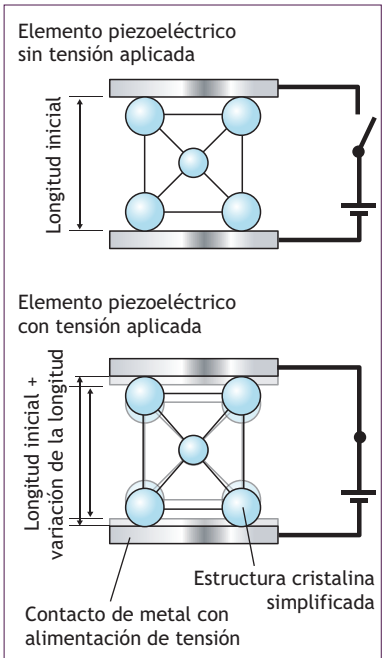
8.42. Estructura de un inyector piezoeléctrico.

Actuador piezoeléctrico

El efecto piezoeléctrico es un fenómeno por el cual un elemento piezoeléctrico sometido a una tensión mecánica genera un voltaje determinado. De forma inversa, al aplicar una tensión al elemento piezoeléctrico, su estructura cristalina reacciona, obteniéndose una variación de su longitud. Este es el efecto piezoeléctrico inverso (figura 8.43).

La variación de longitud en el elemento piezoeléctrico es proporcional a la magnitud de tensión aplicada (figura 8.44). La tensión de control para el actuador piezoeléctrico es de entre 100 y 200 V.

Como ejemplo, un elemento piezoeléctrico tiene un espesor de aproximadamente 0,08 mm y la variación de su longitud al aplicarle tensión es de apenas un 0,15%. Por tanto, para poder generar una carrera de conmutación máxima de aproximadamente 0,04 mm es preciso reunir varios elementos piezoeléctricos. Al conjunto de elementos apilados se le denomina **paquete piezoeléctrico,** estando los elementos separados entre ellos por medio de placas de contacto de metal que constituyen la alimentación de tensión (figura 8.45).



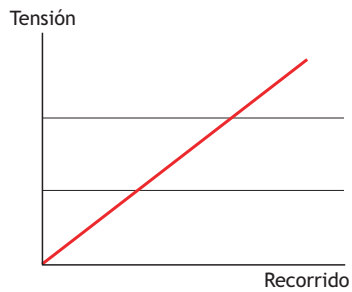
8.43. Variación de la longitud de un elemento piezoeléctrico.

Transmisión

El actuador tiene una carrera de conmutación de 0,04 mm, pero la aguja de la válvula requiere una carrera de conmutación de aproximadamente 0,1 mm. Para salvar esta diferencia se implanta una **transmisión de palancas.**

Sus dos posiciones son las siguientes (figura 8.46):

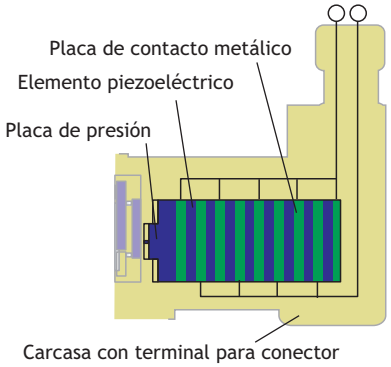
- **En reposo.** El actuador piezoeléctrico no está activado y la aguja de la válvula se encuentra abierta por la fuerza de su muelle.
- **Accionada.** El actuador piezoeléctrico es activado y la placa de presión ejerce una fuerza sobre la transmisión. Esta última, con la ayuda de las palancas, prolonga la carrera de la aguja hasta los 0,1 mm.



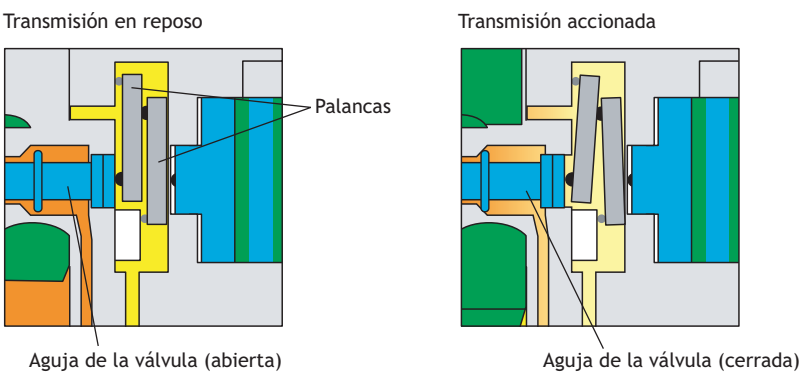
8.44. Efecto piezoeléctrico sobre una estructura simplificada del cristal de un elemento piezoeléctrico.

4.2 > Cámara del muelle del inyector

Esta cámara tiene en su interior el muelle encargado de cerrar la aguja del inyector y de impedir que la aguja abra con prontitud al comienzo de la



8.45. Esquema de un actuador piezoeléctrico.



8.46. Transmisión en reposo y accionada.

fase de inyección. Sin embargo, son bien diferentes las exigencias que se plantean a la fuerza del muelle del inyector:

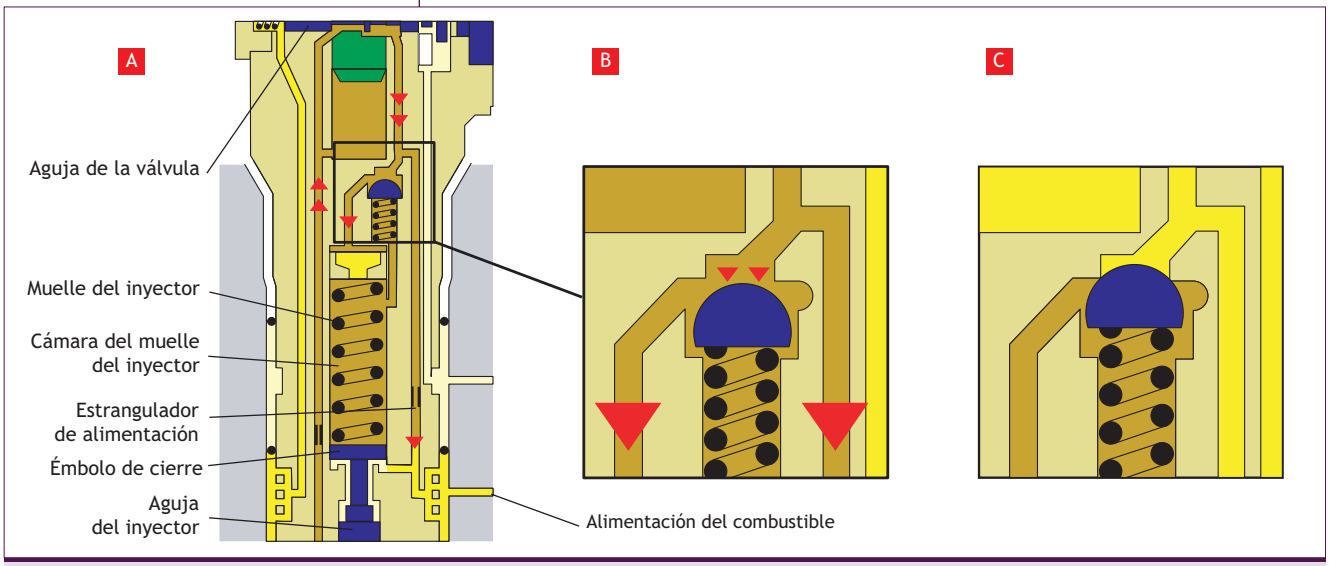
- En un **ciclo de preinyección** la aguja del inyector tiene que abrir al existir una baja presión.
- En un **ciclo de inyección principal** la aguja no se debe abrir hasta que no exista una alta presión de combustible.

Independientemente del ciclo de inyección en el que esté, la aguja debe cerrar rápidamente. Esto se consigue alimentando la cámara del muelle de combustible a alta presión en el momento preciso por medio de la **válvula de retención y del émbolo de cierre.**

Válvula de retención

Al finalizar cada fase de inyección, la cámara del muelle del inyector se carga con alta presión del combustible, la cual se degrada al volver hacia la parte de alimentación, pasando por la zona de la aguja de la válvula, acumulándose por el efecto que causa el estrangulador de alimentación. La válvula de retención es abierta por la alta presión y abre el paso hacia la cámara del muelle del inyector (figura 8.47).

La alta presión del combustible se degrada en la zona de alimentación. Esto hace que la presión del combustible se reduzca y la válvula de retención cierre. De esta forma se mantiene en la cámara del muelle del inyector la presión que fue generada.



8.47. Funcionamiento de la válvula de retención.

A Válvula de retención
B Posición abierta
C Posición cerrada

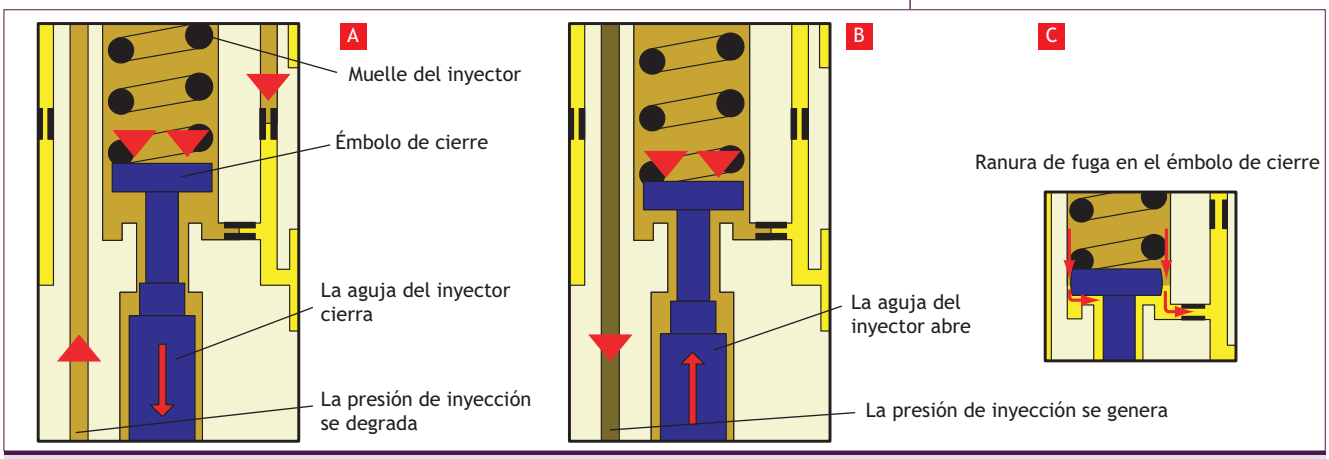
Émbolo de cierre

A continuación se van a describir las distintas fases de funcionamiento del émbolo de cierre:

- **Cierre de la aguja del inyector** (figura 8.48.A). Al final de una fase de inyección la cámara del muelle del inyector se carga con combustible a alta presión al estar la válvula de retención cerrada. Esta alta presión del

combustible oprime sobre el émbolo de cierre, apoyando con ello al muelle del inyector en la fase de cierre de la aguja. El cierre rápido de la aguja del inyector actúa de forma positiva sobre las emisiones de los gases de escape y viene a sustituir la función del émbolo de evasión, que se implantaba en el inyector-bomba con válvula electromagnética.

- **Apertura de la aguja del inyector** (figura 8.48.B). La alta presión del combustible acumulada por la válvula de retención en la cámara del muelle del inyector después de finalizar una fase de inyección actúa sobre el comienzo de la siguiente fase de inyección. La alta presión del combustible también apoya aquí al muelle del inyector, evitando una apertura prematura de la aguja. La fase de inyección comienza con una alta presión. Esta alta presión de la inyección es particularmente importante para la calidad de la combustión y para la composición de las emisiones de escape que provocará la inyección principal.
- **Despresurización** (figura 8.48.C). Por su parte, el ciclo de preinyección requiere una baja presión de la inyección. Por ese motivo, después de un ciclo de inyección (preinyección, inyección principal y postinyección) debe ser posible degradar la presión del combustible en la cámara del muelle del inyector. Esto se lleva a cabo a través de una ranura de fuga en el émbolo de cierre. La presión del combustible se degrada entre los ciclos de inyección, el muelle del inyector deja de recibir el apoyo y la preinyección de un nuevo ciclo de inyección puede comenzar con una baja presión.



8.48. Fases de trabajo del émbolo de cierre.

A Cierre de la aguja del inyector
B Apertura de la aguja del inyector
C Despresurización

4.3 > Ciclo de inyección del inyector-bomba piezoeléctrico

Una vez vistas las partes principales del inyector piezoeléctrico y el funcionamiento de alguna de ellas, pasamos a desarrollar las fases de inyección.

Fase A. Preinyección

- **Llenado de la cámara de alta presión** (figura 8.49.A). Cuando la leva de inyección gira de forma que se produce la carrera descendente del balancín de rodillo, el émbolo de la bomba es oprimido por su muelle hacia arriba. Debido a la forma geométrica que tiene la leva de inyección se consigue un movimiento ascendente relativamente lento del propio émbolo, con lo que la cámara de alta presión crece en tamaño.

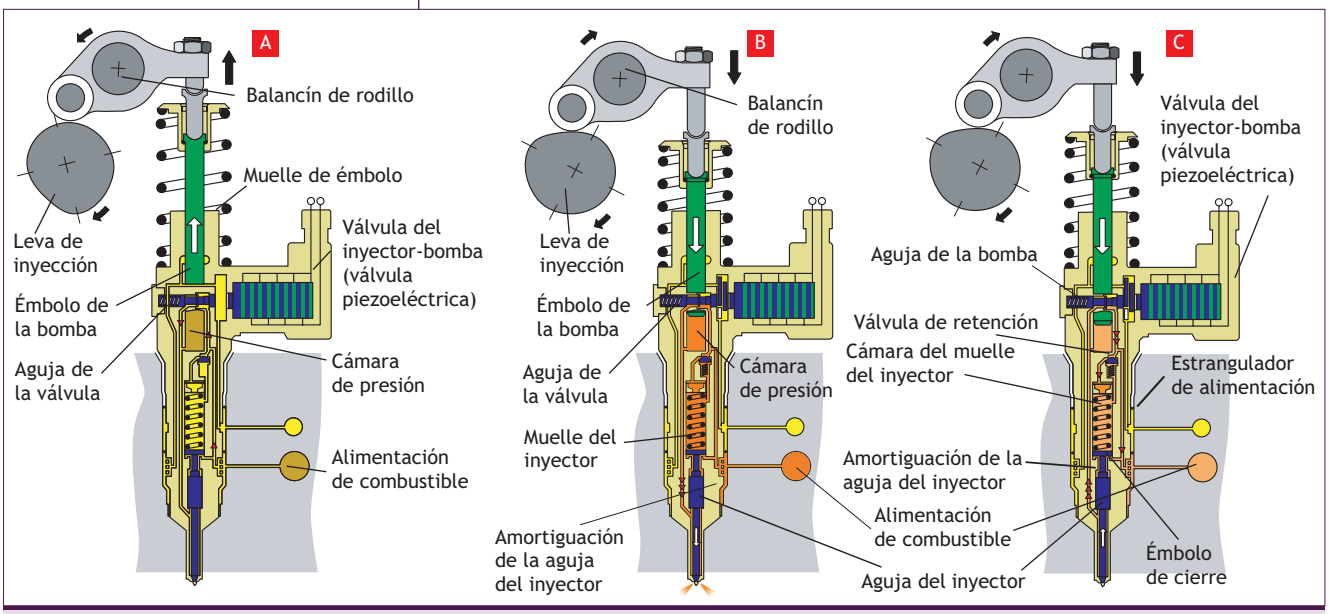
En este instante la válvula piezoeléctrica no se encuentra excitada, por lo cual la aguja de la válvula está abierta y el combustible procedente de la zona de alimentación puede llenar la cámara de alta presión.

- **Comienzo de la preinyección** (figura 8.49.B). El émbolo de la bomba es oprimido en sentido descendente a gran velocidad cuando el flanco de leva (muy pronunciado) actúa sobre el balancín de rodillo. Con esto el combustible se comprime en retroceso hacia la zona de alimentación, hasta el momento en que sea excitada la válvula piezoeléctrica para que cierre. Una vez cerrada la válvula piezoeléctrica el combustible es sometido a presión y la presurización comienza. Una vez que se superan los 130 bar, la presión del combustible sobre la aguja del inyector supera la fuerza propia del muelle del inyector y la aguja del inyector se levanta de su asiento, comenzando la preinyección.
  La amortiguación de la aguja del inyector funciona de forma idéntica a como funciona en el inyector-bomba con válvula electromagnética. La carrera de la aguja del inyector se limita durante la preinyección por medio de un colchón hidráulico que se establece entre la aguja y la carcasa del inyector. Esta carrera de apertura limitada de la aguja del inyector permite realizar la dosificación exacta de mínimas cantidades en el ciclo de la preinyección.
- **Final de la preinyección** (figura 8.49.C). Una vez que se abre la aguja de la válvula piezoeléctrica, la alta presión de combustible se degrada en la zona de alimentación y se produce el cierre de la aguja del inyector por su muelle. Este muelle recibe apoyo por parte de la alta presión del combustible de salida, que se retiene por medio del estrangulador de alimentación y que pasa a la cámara del muelle del inyector a través de la válvula de retención que abre. Esta alta presión del combustible oprime sobre el émbolo de cierre, acelerando así la fase de cierre de la aguja del inyector.
  Según el estado operativo del motor, la unidad de control del motor puede generar una o dos preinyecciones en cada ciclo de inyección.

A Llenado de la cámara de alta presión

B Comienzo preinyección

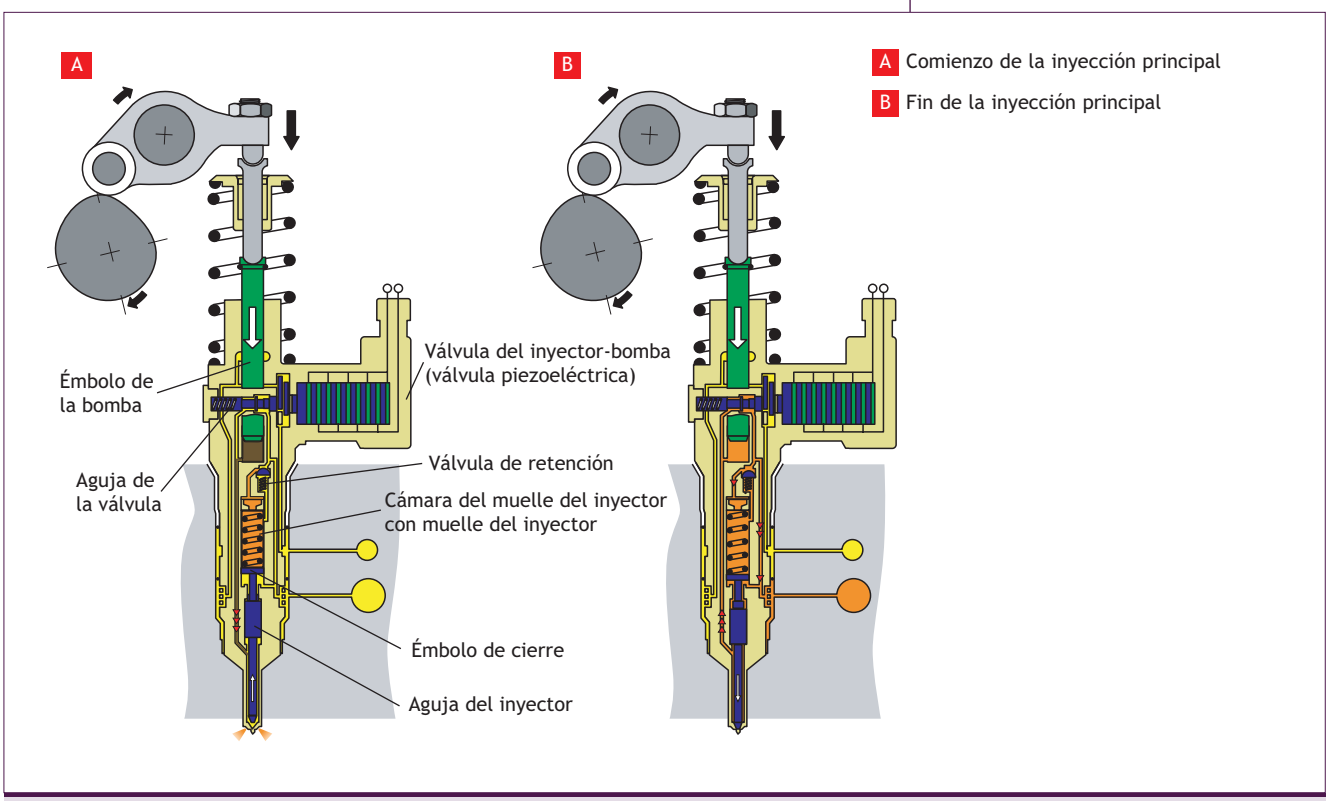
C Final preinyección



8.49. Preinyección en el inyector-bomba piezoeléctrico.

Fase B. Inyección principal

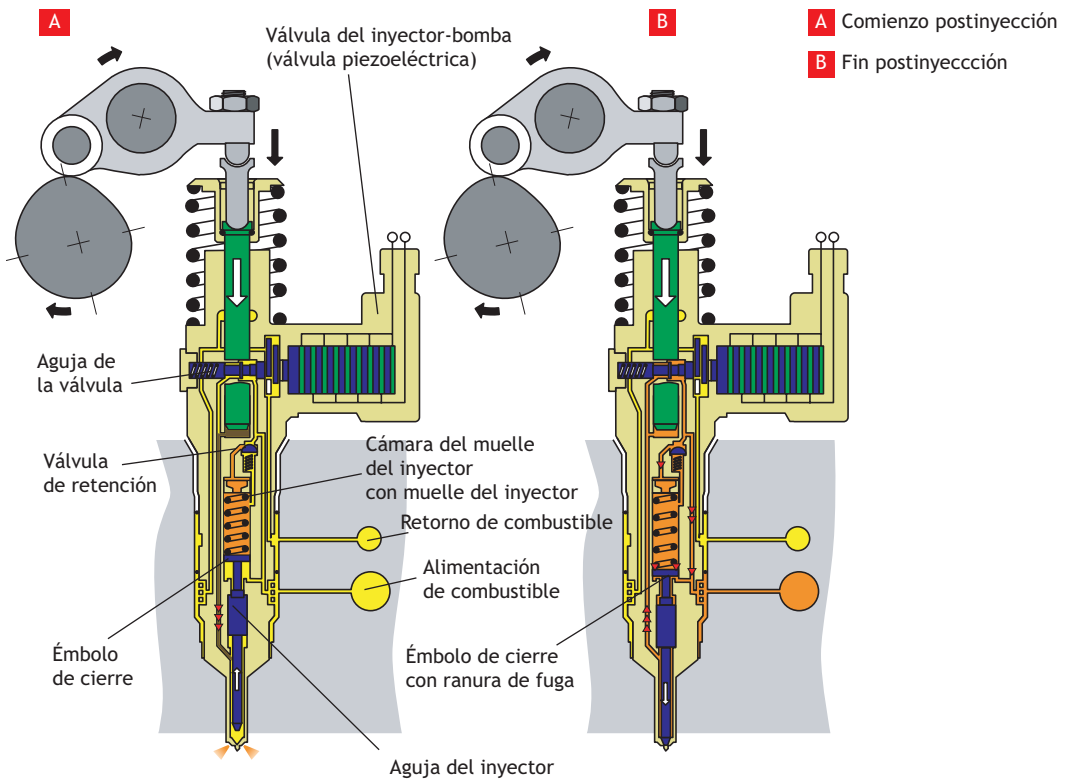
- **Comienzo de la inyección principal** (figura 8.50.A). El émbolo de la bomba sigue siendo desplazado hacia abajo. Después de cerrar la aguja de la válvula piezoeléctrica (recibe excitación) se vuelve a generar alta presión del combustible y puede comenzar el ciclo de la inyección principal. Para lograr que durante el ciclo de inyección principal la aguja del inyector solo abra al existir una presión superior, el muelle del inyector recibe apoyo por parte del combustible a presión en la cámara del inyector. Esta alta presión ha sido generada después de la preinyección, que es mantenida ahora en la cámara del inyector debido a que cierra la válvula de retención y actúa sobre el émbolo de cierre. La presión de inyección aumenta hasta los **2 200 bares** al funcionar el motor con entrega de potencia máxima.
- **Fin de la inyección principal** (figura 8.50.B). Una vez que se abre la aguja de la válvula piezoeléctrica al dejar de ser excitada se termina la inyección principal y, al igual que sucedía después de la preinyección, la alta presión del combustible se degrada hacia la zona de alimentación y hacia la cámara del muelle del inyector. En este caso la aguja del inyector es cerrada por el muelle del inyector y por el émbolo de cierre. La refrigeración se lleva a cabo igual que en el inyector-bomba con válvula electromagnética. El combustible fluye de forma estrangulada a partir de la zona de alimentación, a través del inyector hasta la zona de retorno, y se lleva también en su caudal el combustible de fuga del émbolo de la bomba.



8.50. Comienzo y fin de la inyección principal.

Fase C. Postinyección

- **Comienzo de la postinyección** (figura 8.51.A). En la práctica se suelen tener dos ciclos de postinyección que son idénticos. Los ciclos de postinyección únicamente se tienen cuando es necesario regenerar el filtro de partículas diésel. Para ello el émbolo de la bomba sigue en movimiento hacia abajo y la postinyección comienza después de haber cerrado la aguja de la válvula y haberse alcanzado la presión de apertura para el inyector. La postinyección funciona igual que una inyección principal, pero con la diferencia de que la cantidad inyectada y la presión de la inyección pueden ser inferiores por tratarse de una duración más breve del ciclo.
- **Fin de la postinyección** (figura 8.51.B). Esta fase finaliza cuando se abre la aguja de la válvula. La alta presión se degrada y la aguja del inyector cierra. En la cámara del muelle del inyector se vuelve a generar en ese momento la alta presión del combustible debido al efecto de la válvula de retención abierta. Para que sea posible volver a inyectar con el combustible a baja presión en el siguiente ciclo de preinyección es preciso que la alta presión del combustible pueda escapar hasta ese momento de su alojamiento en la cámara del muelle del inyector. El tiempo que transcurre entre los diferentes ciclos de inyección es suficiente para que el combustible escape a través de una ranura de fuga en el émbolo de cierre hacia la zona de alimentación.



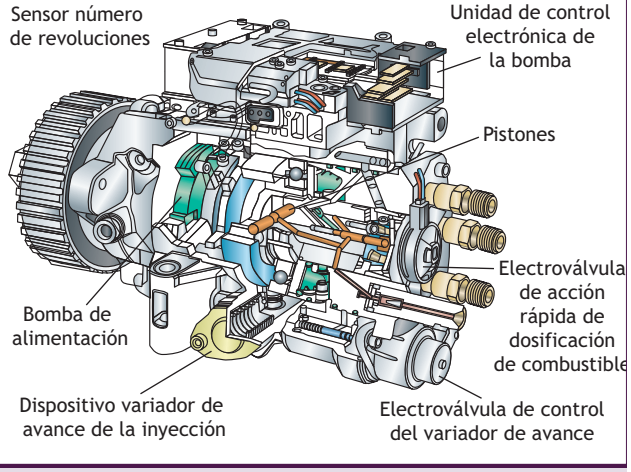
8.51. Comienzo y fin de la postinyección.

5 >> Regulación electrónica con bomba rotativa BOSCH VR

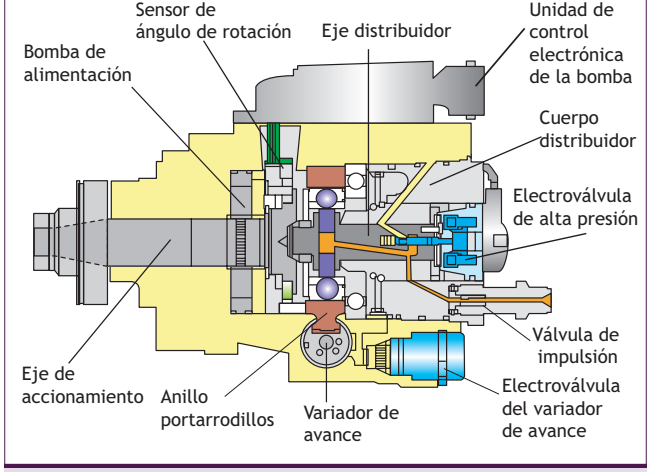
Este tipo de bombas (figura 8.52) están diseñadas para motores diésel de inyección directa y se caracterizan por conseguir con mayor exactitud la dosificación de combustible y el comienzo de la inyección. Además se pueden conseguir presiones de inyección de 1600 bar.

8.52. Bomba rotativa BOSCH VR de control electrónico.

La bomba dispone de su propia **unidad de control** atornillada en su parte superior, la cual registra informaciones del **ángulo de rotación y temperatura de combustible** para poder adaptar el momento de inyección adecuado, actuando sobre la **electroválvula de alta presión y la de variación de avance (figuras 8.53 y 8.54).** Por otra parte, la unidad de control del motor recibe datos de otros sensores del motor similares a los vistos en la inyección de gasolina (revoluciones del motor, temperatura de aire, posición del pedal del acelerador, etc.) que sirven de adaptación al momento y cantidad de inyección. Ambas unidades de control, de bomba y motor, se encuentran en estos motores intercomunicadas entre ellas y con otros sistemas electrónicos del vehículo a través del sistema CAN Bus.



8.53. Bomba de inyección de émbolos radiales.



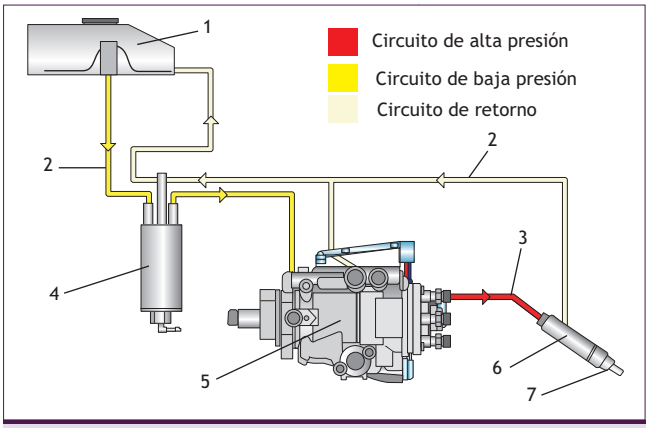
8.54. Sección de una bomba de inyección de émbolos radiales.

Las funciones más características de esta bomba de inyección electrónica son:

- Aspirar el combustible del depósito de combustible.
- Crear y mantener una presión en la bomba de hasta 1 600 bar.
- Distribuir el combustible a los inyectores.

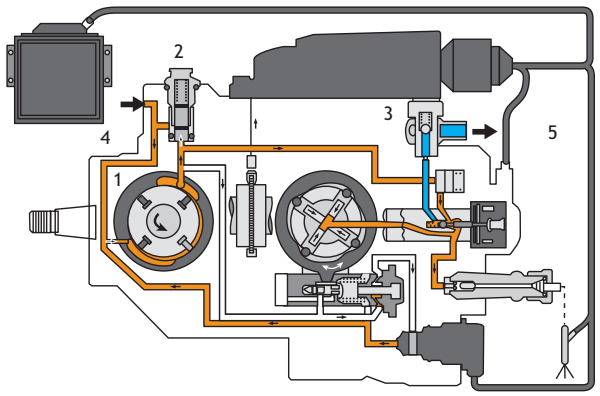
5.1 > Sistema de alimentación de combustible

El circuito de alimentación de combustible con bomba rotativa de émbolos radiales está compuesto por una parte de baja presión y otra de alta presión claramente diferenciadas.



8.55. Circuito de alimentación de combustible.

1 Bomba de alimentación de aletas
2 Válvula reguladora de presión
3 Válvula de estrangulador de rebose
4 Entrada de combustible
5 Salida de combustible (retorno)



8.56. Parte de baja presión de la bomba rotativa de inyección.

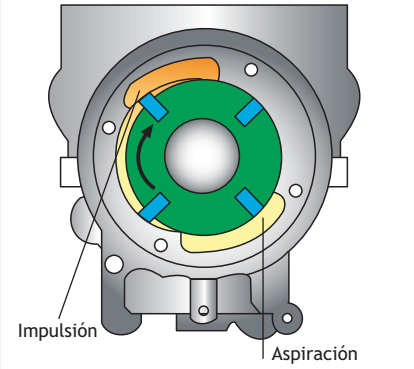
Los componentes del sistema de alimentación son (figura 8.55):

- Depósito de combustible (1).
- Tuberías de baja (2) y alta presión (3).
- Filtro de combustible (4).
- Componentes de la bomba de inyección de baja y alta presión (5).
- Portainyector (6).
- Inyector (7).

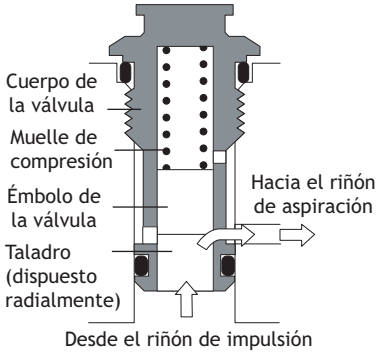
Circuito de baja presión

La parte de baja presión está formada principalmente por depósito de combustible, tuberías de baja presión y filtro de combustible. Además, dentro de la bomba inyectora se pueden considerar como componentes del circuito de baja presión la bomba de alimentación de aletas, la válvula reguladora de presión y la válvula estranguladora de rebose (figura 8.56):

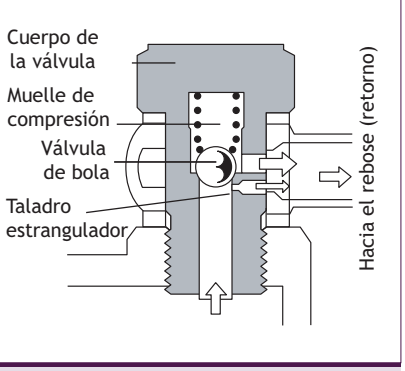
- **Bomba de alimentación de aletas.** Consta de una zona de aspiración en donde aspira combustible del depósito de combustible y lo transporta mediante el giro de un rotor de aletas a una zona de reducido tamaño llamada también de impulsión. De aquí el combustible pasa a presión hasta las partes internas de la bomba de inyección (figura 8.57).
- **Válvula reguladora de presión.** Tiene como objetivo regular la presión de envío de la bomba de alimentación de aletas, abriendo cuando es excesiva la presión de alimentación y cerrando cuando disminuye en exceso la presión. Cuando está abierta esta válvula hace retornar el combustible excedente a la zona de aspiración de la bomba de alimentación (figura 8.58).
- **Válvula estranguladora de rebose.** Esta válvula situada en el cuerpo de la bomba está en comunicación con el elemento de rebose del cuerpo distribuidor y tiene



8.57. Bomba de alimentación de aletas.

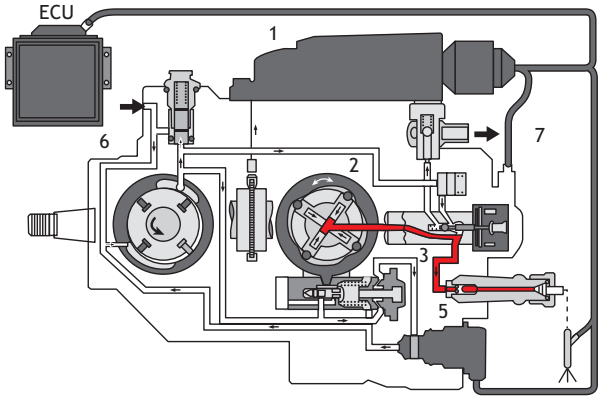


8.58. Válvula reguladora de presión.



8.59. Válvula estranguladora de rebose.

como objetivo refrigerar y ventilar la propia bomba, haciendo retornar parte del combustible al depósito por el conducto (5). Consta de una válvula de bola (3) sostenida por un muelle (2), que se abre cuando la presión de combustible supera unos ciertos límites prefijados (figura 8.59). El sistema cuenta además con un orificio anterior (4) a la válvula de bola para la purga automática de la bomba inyectora.

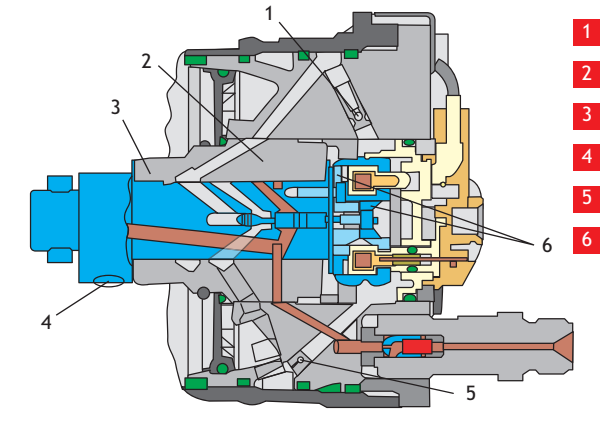


1. Unidad de control de la válvula
2. Bomba de alta presión de émbolos radiales (girada 90°)
3. Cuerpo distribuidor
4. Electroválvula de alta presión
5. Conexión de conducto de impulsión (tubería de alta presión)
6. Entrada de combustible
7. Salida de combustible (retorno)

8.60. Parte de alta presión de la bomba rotativa de inyección.

Circuito de alta presión

El circuito de alta presión es el encargado de conseguir la alta presión de inyección, además de suministrar y dosificar el combustible a los inyectores (figuras 8.60 y 8.61). Entre sus componentes principales se encuentran la bomba de alta presión, el cuerpo distribuidor, la electroválvula de alta presión y el inyector.

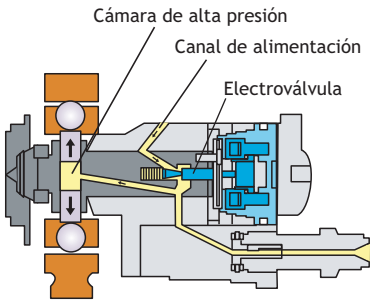


1. Retorno de combustible
2. Cuerpo distribuidor
3. Árbol de distribución
4. Émbolos de alta presión
5. Alimentación de combustible
6. Electroválvula

8.61. Detalle de la bomba de alta presión.

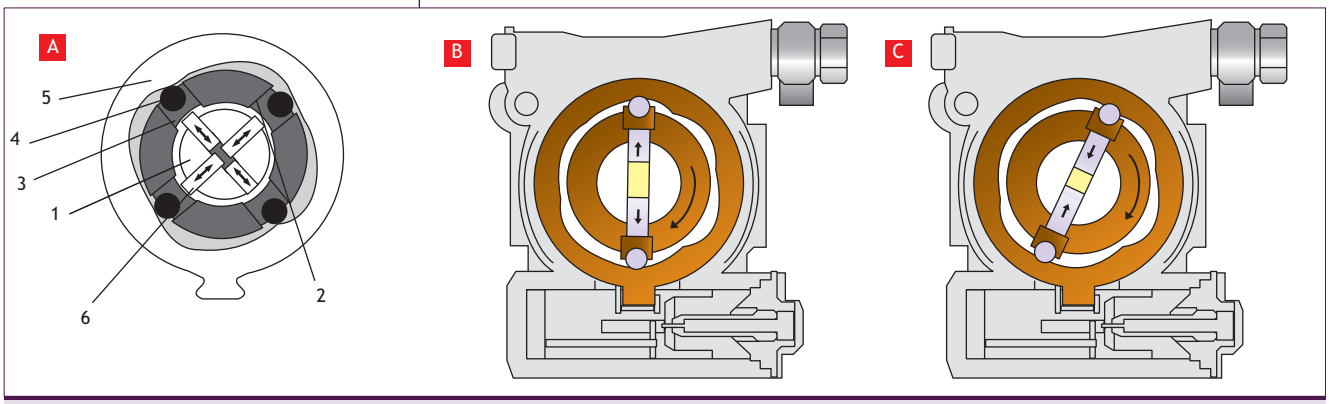
- **Electroválvula de alta presión.** Es controlada por la unidad de control de la propia bomba y su misión es la de regular el paso de combustible hacia el canal de alimentación que desemboca en la cámara de alta presión junto a los émbolos radiales. Con esto, se consigue determinar el caudal y el tiempo de inyección en cada ciclo de inyección. Con la electroválvula excitada (abierta) el combustible comprime los émbolos radiales contra el disco de levas (figura 8.62).

- **Bomba de alta presión de émbolos radiales.** Consta de un disco de arrastre que recibe movimiento giratorio del eje de accionamiento (1) de la bomba (figura 8.63.A). El disco engrana en dicho eje por medio de unas ranuras guía (2) dispuestas radialmente. A su vez estas ranuras sirven de asiento a los soportes de los rodillos (3). El disco junto con los rodillos (4) recorren la pista interior del anillo de levas (5) situado alrededor del eje de accionamiento. El anillo de levas dispone de tantas crestas de leva como cilindros tiene el motor. Los **émbolos de suministro (6)** situados también de forma radial en la cabeza del eje distribuidor descansan sobre los soportes de los rodillos y se desplazan en un sentido u otro dependiendo de si coinciden o no con las crestas del anillo de levas. Cuando estos émbolos coinciden con las crestas de leva se mueven hacia el interior del conjunto comprimiendo el combustible y, por tanto, creándose la presión de inyección.



8.62. Electroválvula de alta presión.

En la figura 8.63.B la propia presión de combustible hace desplazar los émbolos de suministro hacia el exterior al no coincidir con las crestas de leva. Por el movimiento de rotación del disco de arrastre los émbolos que suministra coinciden con las crestas de leva (figura 8.64.C) y estos se desplazan hacia el interior, produciéndose la compresión del combustible.



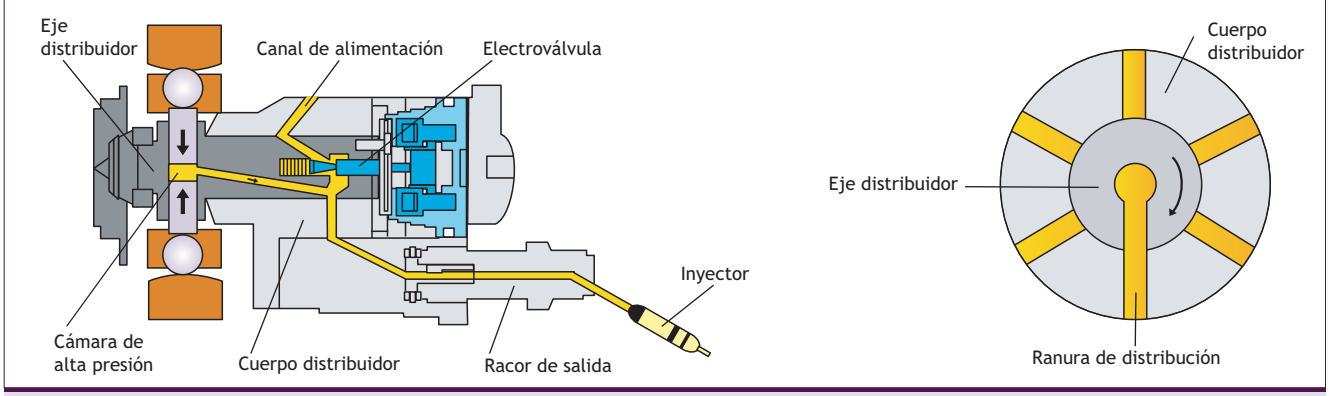
8.63. Bomba de alta presión.

A Sección de la bomba de alta presión
B Fase de alimentación de la bomba
C Fase de compresión
1 Eje de accionamiento
2 Ranuras guía
3 Soportes de rodillos
4 Rodillos
5 Anillo de levas
6 Émbolos de suministro

Eje de accionamiento con cuerpo distribuidor

A través de este elemento se distribuye la cantidad de combustible destinada para la inyección. En cada vuelta de giro del eje es abastecida una de las perforaciones que se asignan a los inyectores de cada cilindro. Existen en el cuerpo distribuidor tantas perforaciones de salida como cilindros tiene el motor.

En la figura 8.64 se muestra cómo se está generando la presión por medio de los émbolos de suministro y cómo el combustible sale a presión por una de las perforaciones coincidentes con un inyector del motor.



8.64. Distribución del combustible en el cuerpo del distribuidor para motor de 6 cilindros.

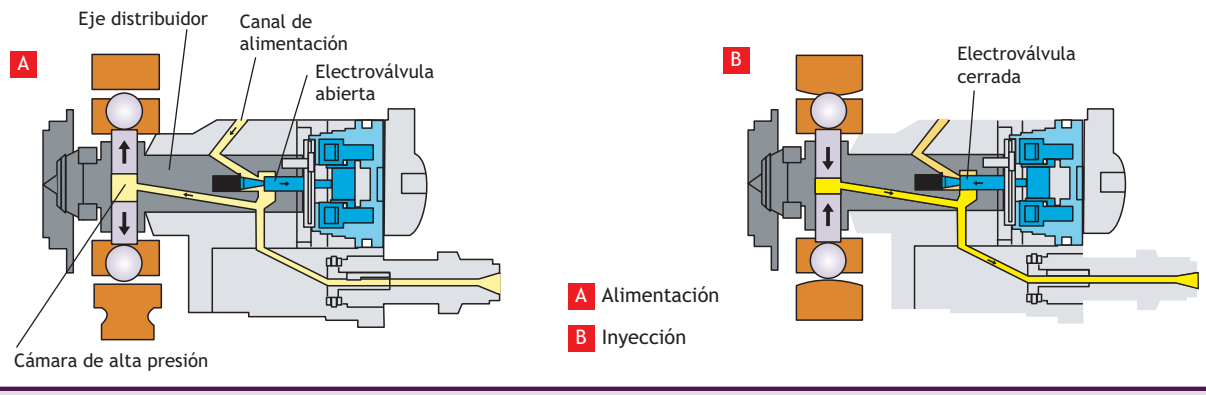
Por tanto, durante el funcionamiento del cuerpo distribuidor se pueden dar dos procesos:

– **Proceso de alimentación** (figura 8.65.A). Se produce cuando la electroválvula de presión se encuentra abierta, es decir, su válvula de aguja se ha desplazado hacia la derecha, permitiendo el paso de combustible desde

el canal anular de alimentación al interior de la bomba, llegando este finalmente al compartimiento de alta presión. En este momento los émbolos de suministro están desplazados hacia la periferia al no coincidir con las crestas de la leva.

- **Proceso de inyección** (figura 8.65.B). La electroválvula de presión se encuentra en posición cerrada, es decir, su válvula de aguja se desplaza hacia la izquierda, con lo que tapona el canal anular de alimentación de combustible y por tanto cierra el paso de combustible hacia la zona de alta presión de la bomba. Debido al movimiento del eje distribuidor los émbolos de suministro coinciden con las crestas del anillo de levas, desplazándose hacia el interior y, por consiguiente, comprimiendo el combustible de la cámara de alta presión. Este combustible es suministrado a una de las salidas del inyector.

Por tanto, la duración de la inyección depende de la activación de la electroválvula de la alta presión. Para parar la marcha del motor se necesita únicamente la apertura de la válvula de aguja de la electroválvula.

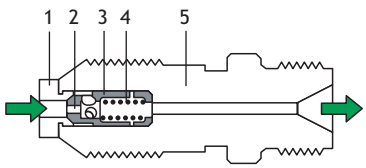


8.65. Fases de funcionamiento del cuerpo distribuidor.

Válvula con estrangulador de retorno

Está situada en las salidas de la bomba que se comunican con los inyectores. Tiene por objetivo **reducir o amortiguar las ondas de presión** producidas durante el cierre de los inyectores. En caso de no instalarse estas válvulas se puedan dar aperturas de los inyectores no controladas (postinyecciones) que conllevarían mayor emisión de gases contaminantes.

La válvula consta (figura 8.66) de un cono de válvula (3) que en condiciones normales de alimentación del inyector está ejerciendo presión sobre el muelle de válvula (4). Cuando termina la alimentación es el muelle el que ejerce presión sobre el cono de válvula forzándolo a ir hacia el asiento de válvula (1) y así eliminar la posibilidad de ondas de presión en el estrangulador (2).

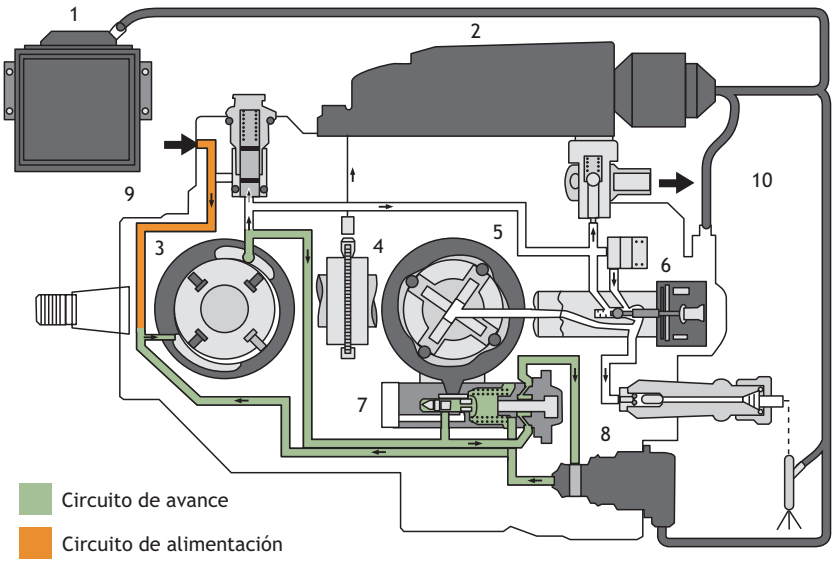


1 Asiento de la válvula
2 Estrangulador
3 Cono de la válvula
4 Muelle de la válvula
5 Conexión de la tubería de impulsión

8.66. Válvula con estrangulador de retorno.

5.2 › Variador de avance

El variador de avance va montado en la parte inferior de la bomba y tiene el objetivo de variar el comienzo de suministro de combustible hacia los inyectores, con respecto al giro del cigüeñal, según se va aumentando de



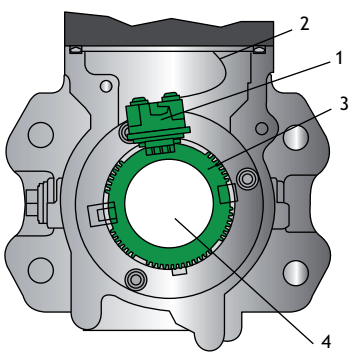
1 UCE motor
2 UCE de la bomba
3 Bomba de alimentación
4 Sensor de ángulo de rotación
5 Anillo de levas
6 Electroválvula de alta presión
7 Variador de avance
8 Electroválvula del variador de avance
9 Entrada de combustible
10 Retorno de combustible

8.67. Elementos que intervienen en la variación del avance.

revoluciones (figura 8.67). Para ello se debe disponer principalmente de sensor del ángulo de rotación (4), el variador de avance (7) y la electroválvula del propio variador (8).

El **sensor del ángulo de rotación** (figura 8.68) tiene la misión de captar la posición angular del eje de accionamiento y anillo de levas, y así enviar una señal a la unidad de control de la bomba a través de una lámina flexible (2). Para captar la señal se dispone de una rueda de transmisor con dentado fino (3) sobre el eje de accionamiento (4) y una serie de huecos repartidos por igual en la rueda que indican el número de cilindros del motor (figura 8.69). Estos huecos son los que van a ser explorados por el sensor.
El sensor va montado sobre el anillo de levas. Cualquier actuación del variador de avance y giro del anillo de levas desplazará a su vez al sensor del ángulo de rotación (figura 8.69). Con esto la bomba podrá saber en todo momento la **velocidad de rotación actual de la bomba y la posición de regulación momentánea** del variador de avance.

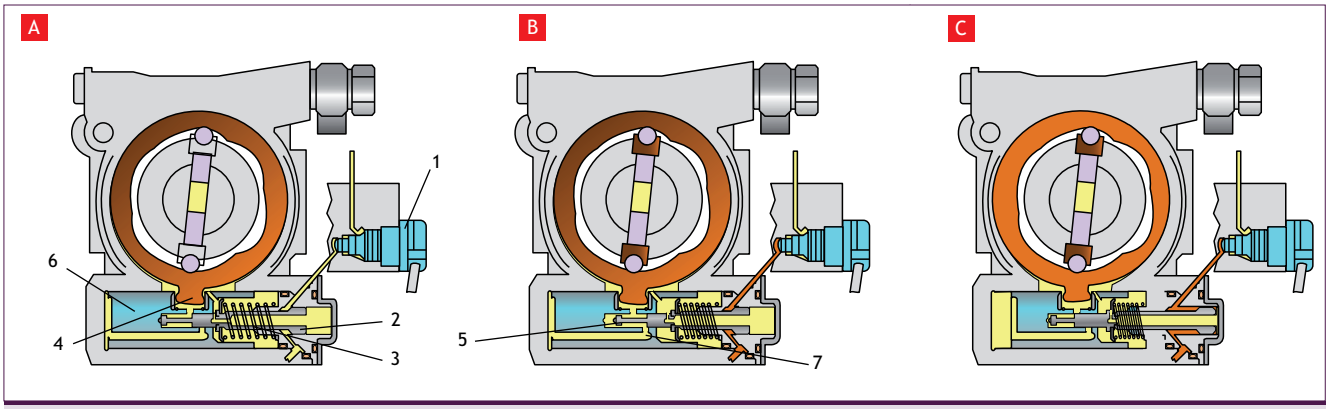
1 Sensor de ángulo de rotación
2 Lámina flexible
3 Rueda transmisora
4 Eje de accionamiento



8.68. Sensor del ángulo de rotación.

En **posición de reposo** (figura A), la electroválvula del variador de avance (1) está abierta (deja paso de combustible hacia la bomba de alimentación de aletas), con lo que la presión de combustible que se ejerce sobre el émbolo de control (2) del variador no es superior a la presión de tarado del muelle de reposición (3), adquiriendo el conjunto una posición de retraso o avance nulo. Es decir, el conjunto de avance no mueve el perno de fijación (4) del anillo de levas permaneciendo este invariable.

Ya con el motor en marcha y con la electroválvula del variador de avance activada (cierra el paso de combustible hacia la bomba de alimentación de aletas), la presión del combustible actúa sobre el émbolo de control (figura B), y al ser esta presión mayor a la de tarado del muelle de reposición, el émbolo de control se desplaza hacia la derecha. Esto provoca en la parte central del variador un desplazamiento en el mismo sentido del vástago (7) que, como consecuencia, deja libre el canal de



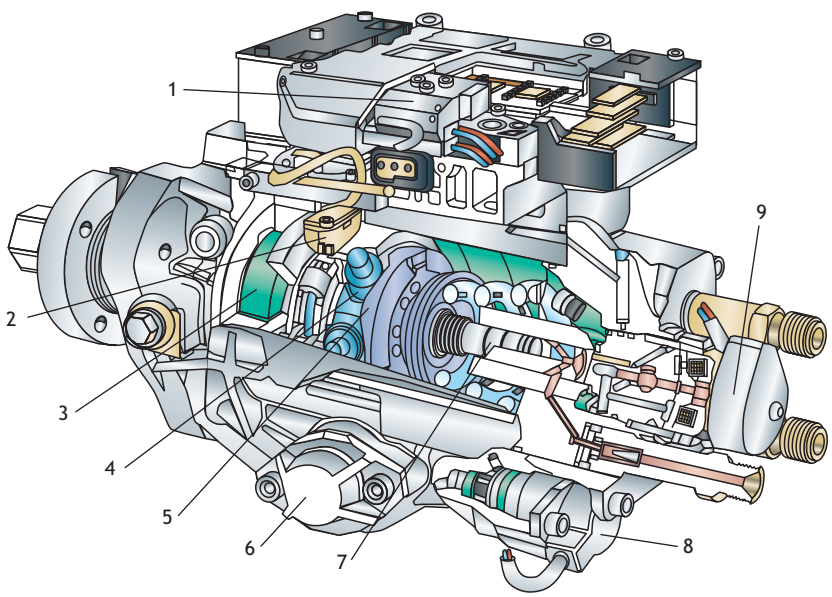
8.69. Posiciones de funcionamiento del variador de avance con electroválvula.

alimentación de combustible (7) que se comunica con la parte trasera del émbolo principal (6) del variador, en donde se va a ejercer la presión del combustible (figura C) desplazando así el émbolo principal del variador hacia la derecha y por consiguiente desplazando el anillo en sentido contrario al de rotación por medio del perno (4) y, por tanto, en **sentido de avance.**

Si la electroválvula abriera se produciría el movimiento de todos los elementos en sentido contrario al explicado anteriormente y, por tanto, en sentido de retraso.

Existe otro tipo de bombas con funcionamiento similar a las de émbolos radiales, que en vez de incorporar estos émbolos de forma radial los incorpora de forma axial (figura 8.70). Las señales de control y regulación son procesadas en dos unidades de control electrónicas (unidad de control motor y unidad de control de bomba).

1. Electroválvula
2. Émbolo de control
3. Muelle de reposición
4. Perno
5. Vástago
6. Émbolo principal
7. Canal de alimentación



1. Unidad de control electrónica integrada en la bomba
2. Sensor de número de revoluciones
3. Bomba de alimentación
4. Plato portarrodillos
5. Plato de levas
6. Dispositivo variador de avance a la inyección
7. Pistón
8. Electroválvula de control de variador de avance
9. Electroválvula de acción rápida de dosificación de combustible

8.70. Bomba de inyección rotativa VP de pistón axial.

P Práctica 14

Historia del common rail

A principios de los años 80 Fiat proyectó el primer motor diésel de inyección directa para automóviles. Posteriormente, en 1987, se comercializa el Fiat Croma de inyección directa y comienza la investigación del sistema common rail. En 1990 el sistema common rail ya es operativo.

Unijet y multijet

En 1994 Fiat cede el proyecto al grupo BOSCH para su perfeccionamiento e industrialización. En 1997 Fiat comercializa el primer motor diésel de inyección directa del mundo con sistema de inyección common rail-unijet (Alfa 156). En el año 2003 volvió a evolucionar el sistema unijet dando lugar a la segunda generación del sistema common rail, denominado multijet.

6 >> Sistema common rail

El sistema common rail es un sistema de inyección electrónica de alta presión para motores diésel de inyección directa rápidos.

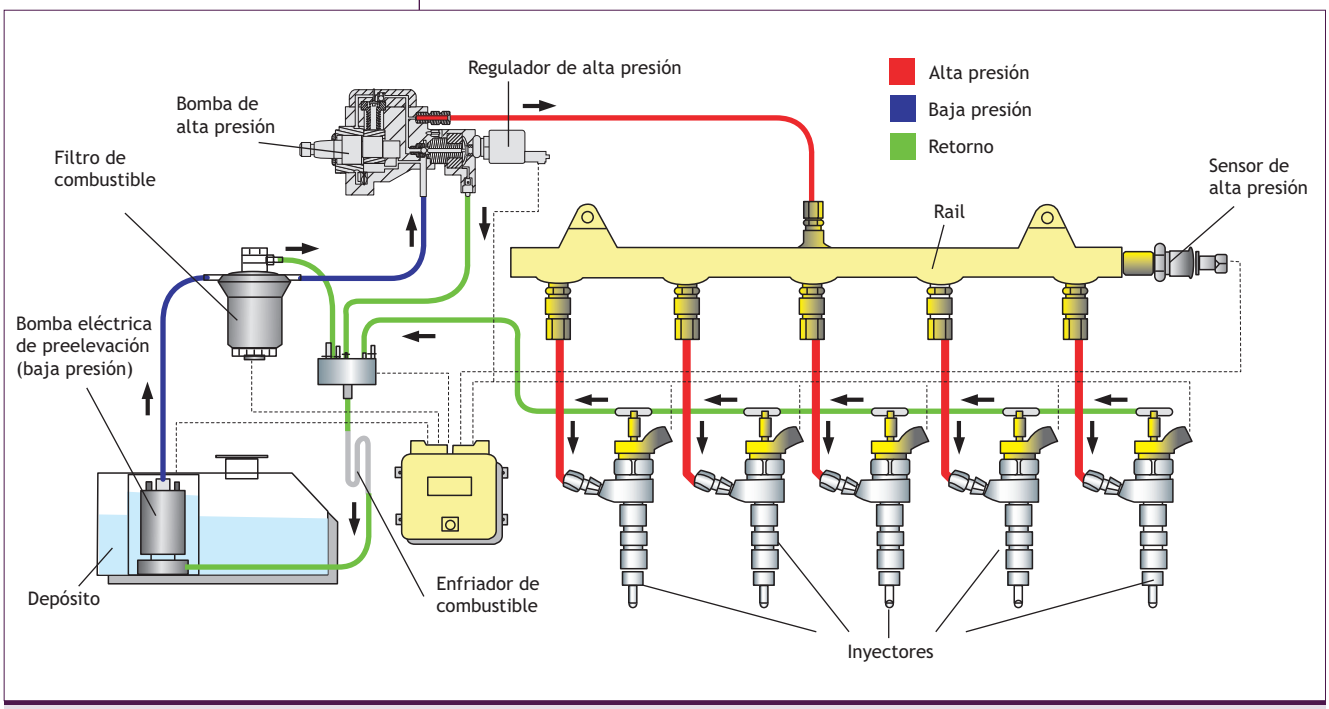
Sus características principales son:

- Disponibilidad de presiones de inyección elevadas.
- Posibilidad de modular estas presiones entre 150 bar hasta el valor máximo de funcionamiento de 1 350 bar, independientemente de la velocidad de rotación y de la carga del motor.
- Capacidad de funcionar con regímenes del motor elevados (hasta 6 000 rpm).
- Precisión del mando de inyección (avance y duración de la inyección).
- Reducción de los consumos y emisiones al permitir inyecciones con fases de preinyección, inyección principal y postinyección.

Dentro del sistema common rail se pueden diferenciar dos sistemas: el **unijet** y el **multijet.** El principio de funcionamiento de ambos es el mismo, la diferencia más importante radica en que el sistema unijet realiza dos inyecciones en la cámara de combustión, mientras que el sistema multijet ha pasado a realizar de 3 a 5 inyecciones.

Con esta innovación los motores han aumentado su potencia, reducido las vibraciones y rumorosidad y sobre todo han reducido las emisiones contaminantes.

Lo anteriormente expuesto es la aplicación genérica del concepto **common rail.** Cada fabricante, al montar este sistema en sus vehículos, puede variar algunos componentes en su configuración aunque su filosofía de funcionamiento sigue intacta en la base.



8.71. Sistema de inyección common rail.

Circuito de alimentación de combustible

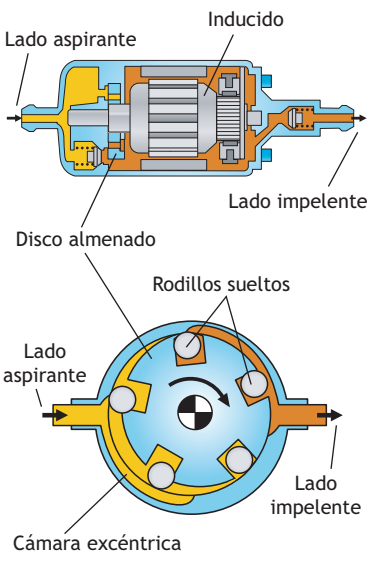
Se puede diferenciar el **circuito de baja presión,** compuesto por depósito de combustible, electrobomba, filtro de combustible, calentador de combustible y tuberías, y el **circuito de alta presión,** formado por la bomba de alta presión, acumulador de alta presión e inyectores (figura 8.71).

Circuito de baja presión

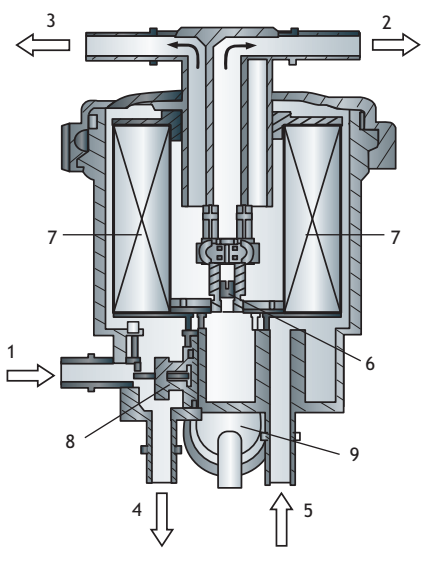
Los principales componentes del circuito de baja presión son:

- **Bomba de cebado.** La bomba se encarga de alimentar de carburante a la bomba de alta presión y de suministrar la presión necesaria en el circuito de baja presión (figura 8.72). Está compuesta por un motor de corriente continua, una bomba de rodillos y una válvula de seguridad.
  Se encuentra acoplada al medidor de nivel de combustible y sumergida en el depósito. Está alimentada a 12 V por el relé doble de inyección desde la puesta del contacto de 2 a 3 segundos y durante la marcha del motor. Además, el tarado de la válvula de seguridad está fijado en 7 bar aproximadamente y la bomba cuenta con un prefiltro con una capacidad de filtrado de 300 micras.
- **Filtro de combustible** (figura 8.73). Tiene las siguientes funciones:
  - La filtración del carburante (5 micras).
  - La decantación del agua.
  - El control del calentamiento del carburante por medio de un elemento termostático.
  - El control de presión del circuito del carburante de baja presión por medio de un regulador de baja presión integrado.

  El elemento termostático además tiene las funciones de:
  - En frío, desviar una parte del combustible hacia el calentador.
  - En caliente, impedir el calentamiento excesivo del combustible.



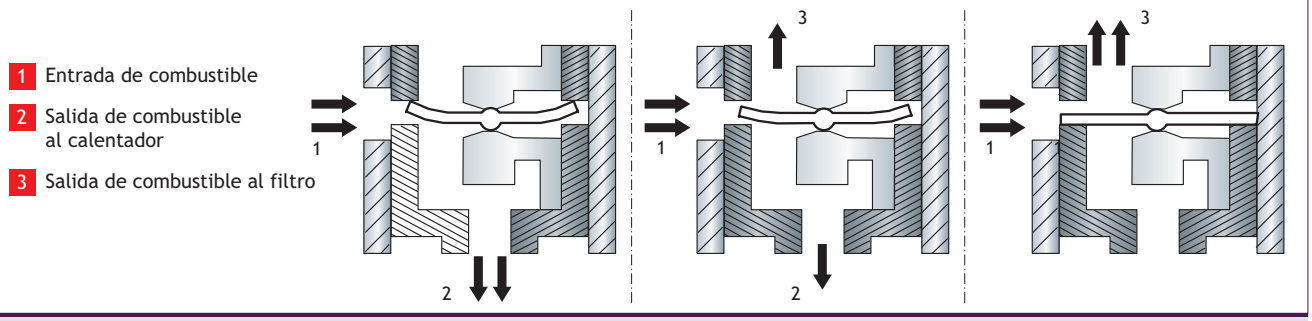
8.72. Bomba eléctrica de combustible.



1. Entrada de combustible
2. Retorno hacia el depósito
3. Salida de combustible hacia la bomba de alta presión
4. Salida de combustible hacia el calentador
5. Entrada de combustible hacia el calentador
6. Regulador de presión
7. Elemento filtrante
8. Elemento termostático
9. Decantador de agua

8.73. Estructura del filtro de combustible.

Está formado por una bilámina o elemento termostático que se deforma en función de la temperatura del combustible (figura 8.74). Así:



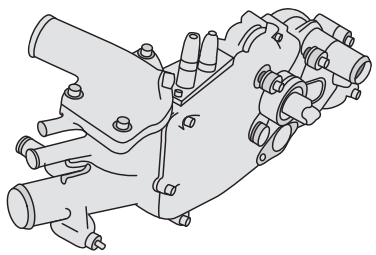
8.74. Posiciones que adopta la bilámina de la válvula termostática instalada en el filtro de carburante.

- Si la temperatura es inferior a 15 °C, el elemento termostático es despegado de su asiento y el paso hacia el filtro es cerrado. Por tanto, el combustible es calentado al contacto con la caja de salida del agua.
- Si la temperatura está entre 15 y 25 °C, el elemento termostático es parcialmente despegado de su asiento, una parte del combustible es calentada y otra es filtrada.
- Si la temperatura supera los 25 °C, el elemento termostático descansa sobre su asiento y todo el carburante pasa directamente hacia el elemento filtrante.

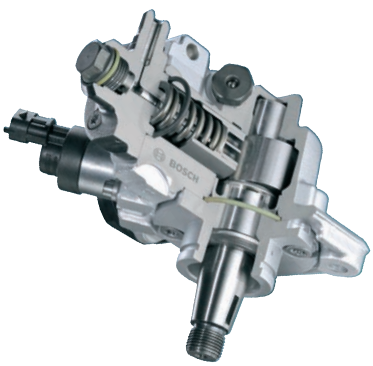
Montaje del calentador

El calentador tiene dos variantes de montaje:

- Una caja metálica de salida de agua y el calentador integrado en la caja.
- Una caja de plástico de salida de agua y el calentador fijado a la caja por medio de un tornillo.



8.75. Calentador de carburante.



8.76. Aspecto bomba de alta presión.

Calentador de carburante

Calienta el combustible que es desviado por el elemento termostático del filtro hasta alcanzar su temperatura de funcionamiento.

Consta de un elemento sumergido en el líquido de refrigeración del motor y va implantado en la caja de salida del agua (figura 8.75).

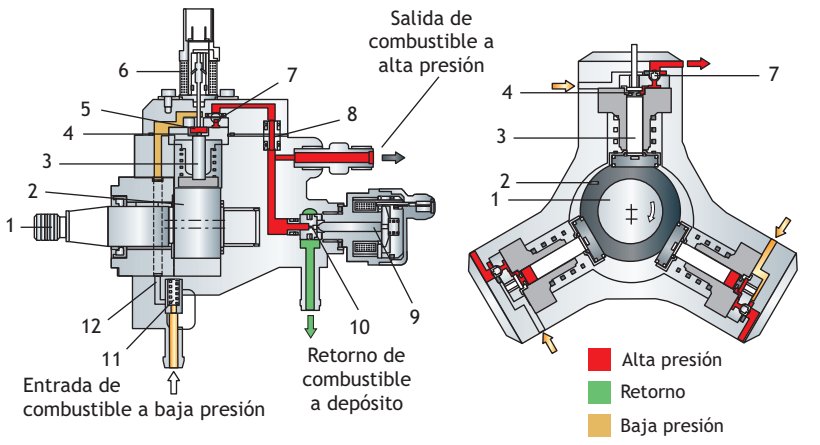
Enfriador de combustible

Debido a las altas presiones es necesario enfriar el carburante. Para ello se intercala un enfriador en el retorno del combustible. Está compuesto por un serpentín metálico colocado debajo de la carrocería y que aprovecha la circulación del aire para su enfriamiento.

Circuito de alta presión

Entre los componentes del circuito de alta presión se destacan los siguientes:

- **Bomba de alta presión.** Es accionada por la correa de la distribución (relación de arrastre 0,5) y está constituida por un eje de accionamiento y 3 pistones radiales con un ángulo de desfase entre sí de 120° (figura 8.76). Proporciona la alta presión necesaria para alimentar a los inyectores a través de la rampa común de inyección. Puede llegar a absorber hasta una potencia de 3,8 kW. Al arrancar, después de 1,5 vueltas del motor, la presión suministrada al inyector por la bomba alcanza ya los 200 bar y la presión de combustible en funcionamiento normal varía entre 200 y 1 350 bar. Además la bomba incorpora un regulador de alta presión y una electroválvula de desactivación del tercer pistón (figura 8.77).



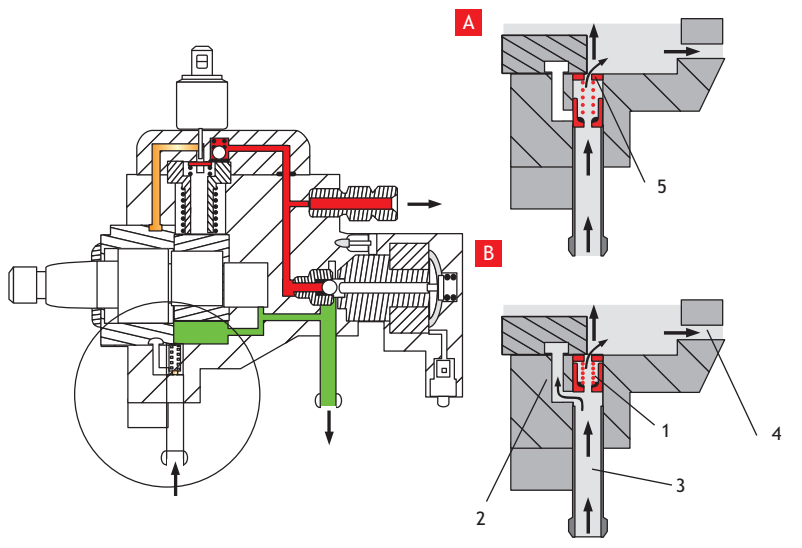
1 Árbol de accionamiento
2 Leva excéntrica
3 Émbolo
4 Cámara de compresión
5 Válvula de aspiración
6 Válvula de desconexión del elemento
7 Válvula de salida
8 Pieza estanqueizante
9 Válvula reguladora de presión
10 Válvula de bola
11 Válvula de seguridad con taladro estrangulador
12 Canal de baja presión hacia el elemento de bomba

8.77. Sección longitudinal y frontal de una bomba de alta presión.

Su lubricación se realiza por medio del combustible, pero consta de una **válvula de lubricación** que permite asegurar el engrase de la bomba si la presión de cebado es muy débil (figura 8.78).
Por ejemplo, cuando la diferencia entre la presión de cebado (3) y la presión del circuito de retorno (4) es inferior a 0,7 bar, la válvula de lubricación permanece cerrada (figura 8.78.A), pero el combustible puede pasar a la zona de alta de la bomba a través del taladro (5) de la válvula para refrigerar y lubricar su parte interna.
Si, por el contrario, la diferencia de presión entre cebado y retorno es superior a 0,7 bar, la válvula de lubricación se abre al vencerse la resistencia del muelle (1) pasando el combustible por el taladro de la válvula de lubricación y por la canalización (2). (figura 8.78.B).

Bomba sin calado

La bomba de alta presión no es una bomba distribuidora y, por ello, no necesita calado.

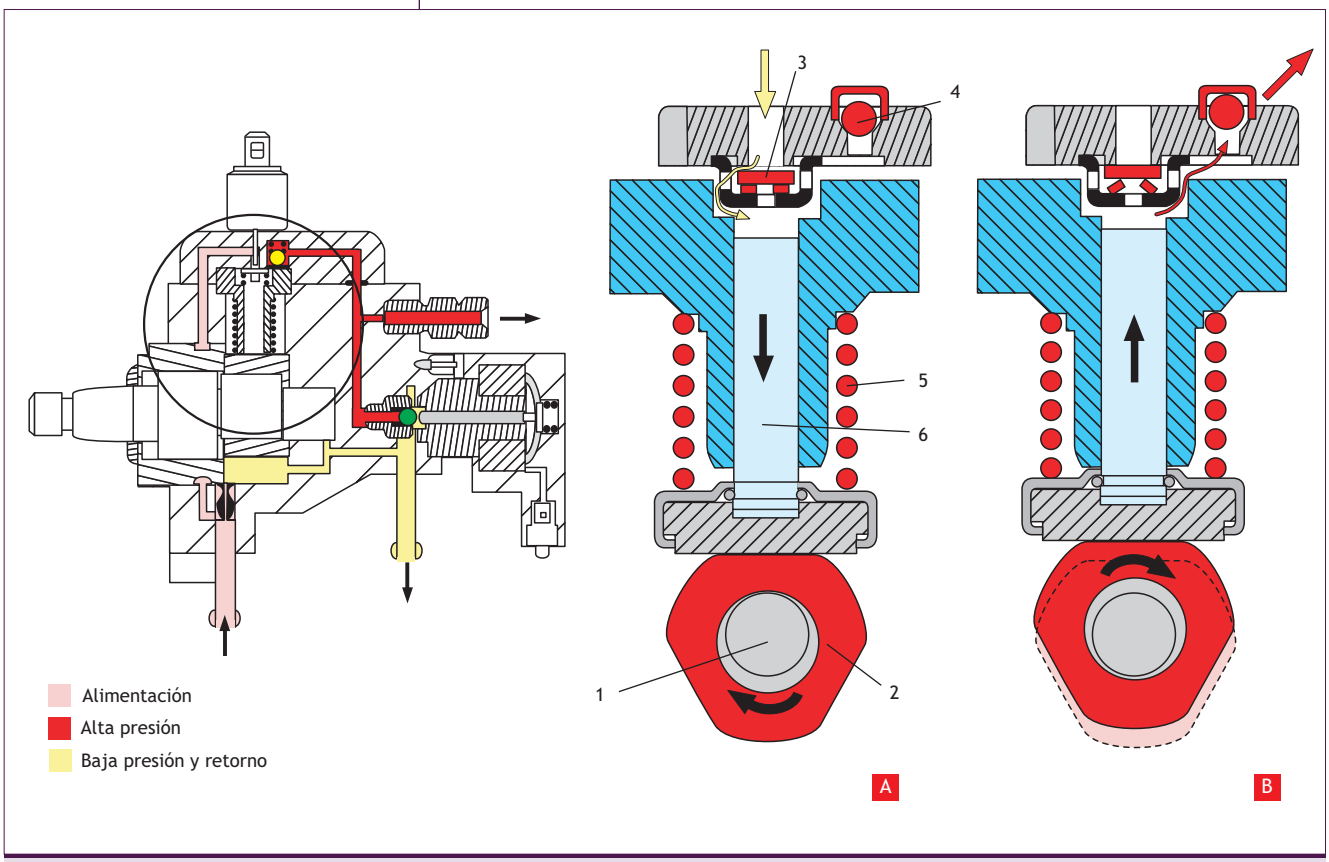


A Válvula cerrada
B Válvula abierta
1 Muelle
2 Canalización a alta presión
3 Alimentación
4 Retorno
5 Taladro a la parte interna de la bomba

8.78. Funcionamiento de la zona de baja presión en el interior de la bomba. Válvula de lubricación.

Su construcción interna (figura 8.79) está formada principalmente por un **leva excéntrica** (1) unida al árbol de la bomba, que se encuentra en contacto con una leva de transmisión (2). Según la posición que tome esta leva se puede estar realizando la admisión por medio de la válvula (3) y la compresión por medio de la válvula de bola (4).

- **Fase de admisión o carrera aspirante:** la bomba de cebado bombea el combustible a través de la válvula de admisión y el muelle de recuperación (5) empuja al pistón (6) sobre la leva. En esta situación el pistón crea una depresión en la camisa.



8.79. Funcionamiento de la zona de alta presión.

A Fase de admisión
B Fase de compresión

1 Leva excéntrica
2 Leva de transmisión
3 Válvula
4 Válvula de bola
5 Muelle
6 Pistón

- **Fase de compresión o carrera impelente:** una vez rebasado el punto muerto inferior por el pistón, el equilibrio de presión de combustible provoca el cierre de la válvula de aspiración, con lo que el combustible es retenido en la cámara. En este estado, la leva de la bomba de alta presión empuja al pistón y la presión del carburante aumenta, por lo que el combustible es inyectado hacia la válvula de bola (4) abriéndose la misma y permitiendo el paso de combustible hacia el conducto distribuidor.

– **Regulador de alta presión.** Permite regular la presión de combustible en la salida de la bomba de alta presión en función del estado de carga del motor. Puede ir montado sobre la bomba de inyección o en el rail distribuidor, siendo comandado en ambas posiciones por el calculador de gestión motor.

Está constituido (figura 8.80) por un muelle, una bobina eléctrica, un núcleo magnético y una válvula de bola. A su vez el regulador consta de dos circuitos de control:

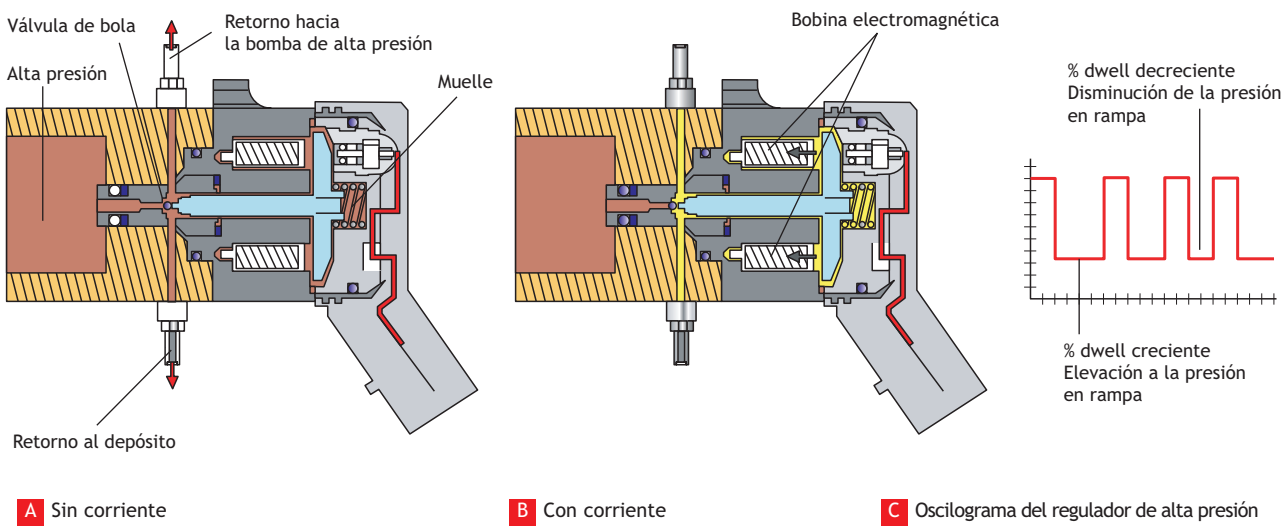
- Circuito **mecánico.** Permite asegurar una presión mínima y amortiguar las pulsaciones del combustible.
- Circuito **eléctrico.** La unidad de control actúa directamente sobre la alta presión, controlando el electroimán de regulación por medio de una corriente de frecuencia variable.

Con **motor parado y en posición de reposo** (figura 8.80.A), cuando la válvula no tiene corriente, la fuerza del muelle de compresión actúa en contra de la alta presión procedente de la bomba, estableciéndose una presión en el conducto común de aproximadamente 100 bar. Al parar el motor, al cabo de 30 segundos la presión residual en el circuito es nula.

Con el **motor en marcha** (figura 8.80.B) y para aumentar la presión en el conducto común (rail) se aplica corriente a la bobina electromagnética, oponiendo así una fuerza electromagnética a la alta presión de la bomba. A raíz de ello se reduce la sección del caudal de paso y la cantidad de combustible se corta de forma regulada. De ese modo, la presión en el conducto común (rail) es ajustada de forma óptima por parte de la unidad de control, compensándose las fluctuaciones de la presión en el conducto común.

En resumen, cuando la presión es demasiado alta en el tubo distribuidor o rail, el regulador de presión abre de forma que una parte del combustible retorna al depósito y, si por el contrario, la presión es baja en el rail el regulador hace estanca la zona de alta presión.

El regulador es comandado por masa desde el calculador y la resistencia del mismo entre sus bornes es aproximadamente de 2 a 3 Ω.



8.80. Regulador de alta presión.

Dimensiones de la rampa de inyección

El volumen de la rampa de inyección de alta presión es adaptado a la cilindrada del motor.

Su tensión con el contacto dado debe ser de 12 V. La señal obtenida mediante osciloscopio es como la de la figura 8.80.C, en donde la anchura de impulsos es variable en función de la presión requerida en rampa.

– **Desactivador del tercer pistón de la bomba de alta presión.** Es una electroválvula de anulación todo o nada, que es pilotada por el calculador para disminuir la potencia absorbida por la bomba de alta presión en las siguientes situaciones:

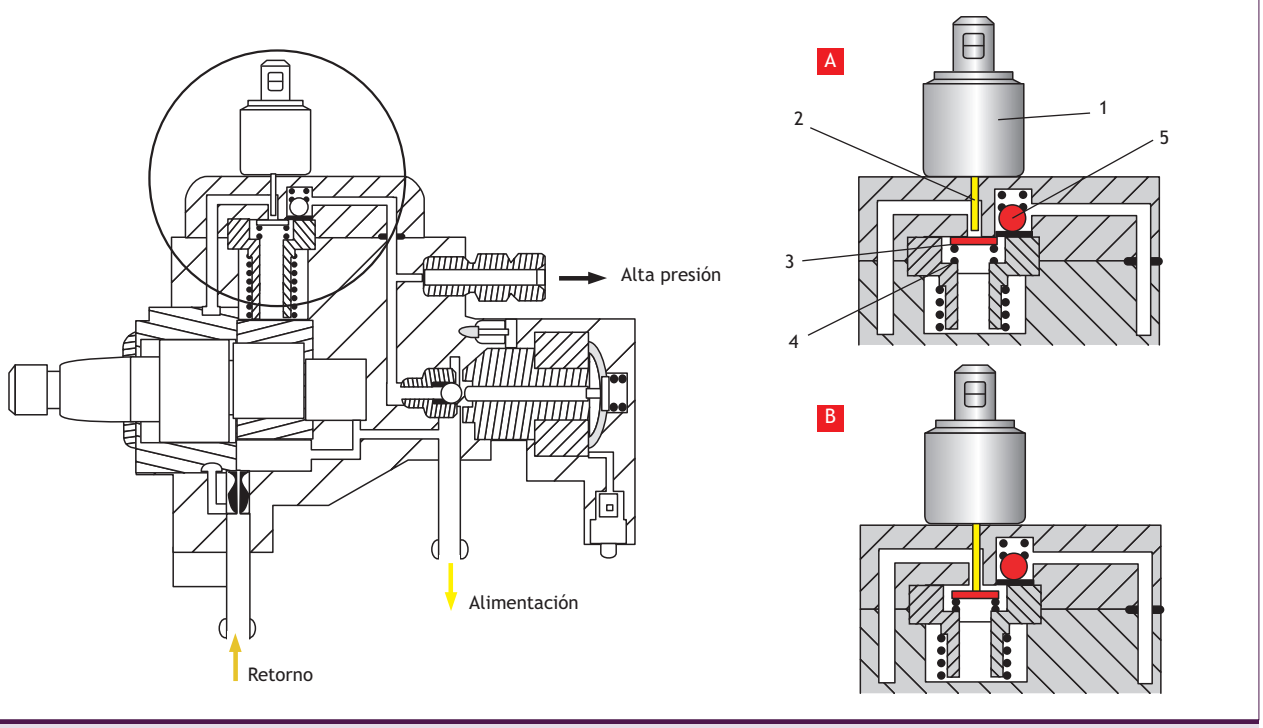
- En caso de utilización del motor con baja carga.
- En caso de avería limitando la alta presión y reduciendo el calentamiento del combustible.
- Si la temperatura del combustible sobrepasa los 106 °C.

Está formado por un electroimán (1) y una varilla de empuje (2) que se desplaza bajo la acción del campo magnético creado por un electroimán (figura 8.81). Cuando la electroválvula está alimentada a 12 V, la bomba funciona con 2 pistones, y con los tres cuando no lo está.

- **Sin alimentación** (figura 8.81.A), la válvula de admisión de combustible (3) es retenida sobre su asiento por el muelle (4), con lo que se cierra el cilindro. La acción de la leva del árbol de bomba hace subir la presión de combustible y, como consecuencia, la válvula de compresión (5). De esta forma el combustible se dirige hacia la salida de alta presión de la bomba.
- **Con alimentación** (figura 8.81.B), la varilla de empuje hace levantar la válvula de admisión de su asiento, por lo que se abre el cilindro y no existe aumento de la presión. En esta posición el combustible se desplaza hacia la zona de baja presión de la bomba.

A Desactivado (tres pistones útiles)
B Activado (dos pistones útiles)

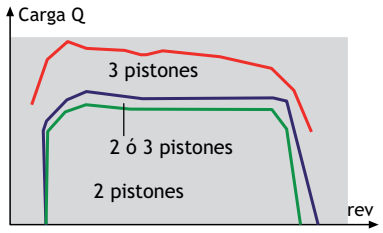
1 Electroimán
2 Varilla de empuje
3 Válvula de admisión
4 Muelle
5 Válvula de compresión



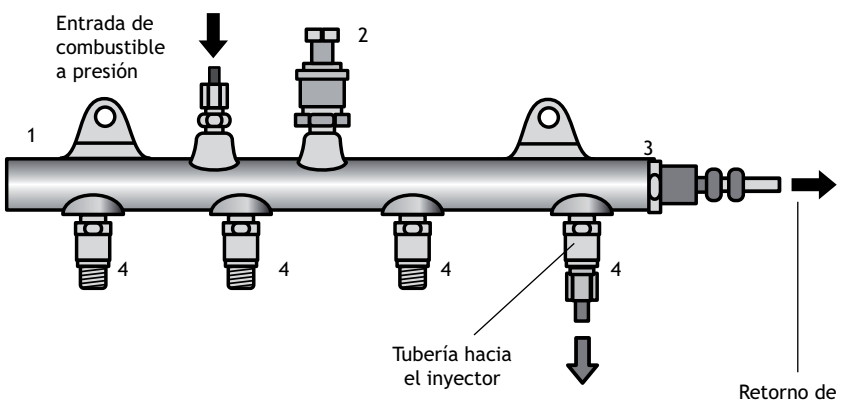
8.81. Funcionamiento detallado del desactivador del tercer pistón.

Su resistencia es aproximadamente de 25 a 30 Ω.
En la figura 8.82 se pueden apreciar las fases de funcionamiento del desactivador del tercer pistón en función de las revoluciones y carga del motor.

- **Rail o acumulador de alta presión.** Esta rampa de inyección de alta presión (figura 8.83) está situada entre la bomba de alta presión y los inyectores consiguiendo realizar las siguientes funciones:
  - Almacenar la cantidad de combustible independientemente de la fase de funcionamiento del motor.
  - Amortiguar las pulsaciones creadas por los inyectores durante su apertura.
  - Conectar los elementos del circuito de alta presión: tubería de alimentación de alta presión, tuberías de alimentación de los inyectores, sonda de temperatura del combustible, captador de alta presión, limitador de flujo (opcional) y regulador de presión en algunos casos.
- **Sensor de la presión de combustible.** Tiene la función de medir el valor de la alta presión en la rampa de inyección. Según la información recibida por la unidad de control del sensor, esta puede determinar la cantidad de carburante que se va a inyectar (tiempo de inyección) o asegurar la regulación de la alta presión de combustible en la rampa de inyección.
  El sensor está situado en la rampa de inyección y es de tipo piezoeléctrico (figura 8.84). Está compuesto por medidores de esfuerzos (resistencia extensiométrica).



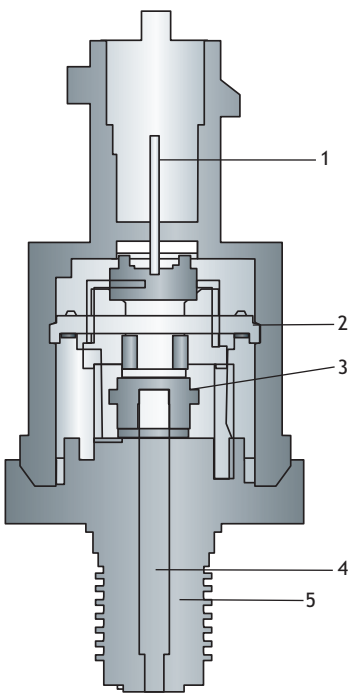
8.82. Campos de funcionamiento del desactivador del tercer pistón.



1 Rail
2 Sensor de presión rail
3 Válvula limitadora de presión
4 Limitador de flujo

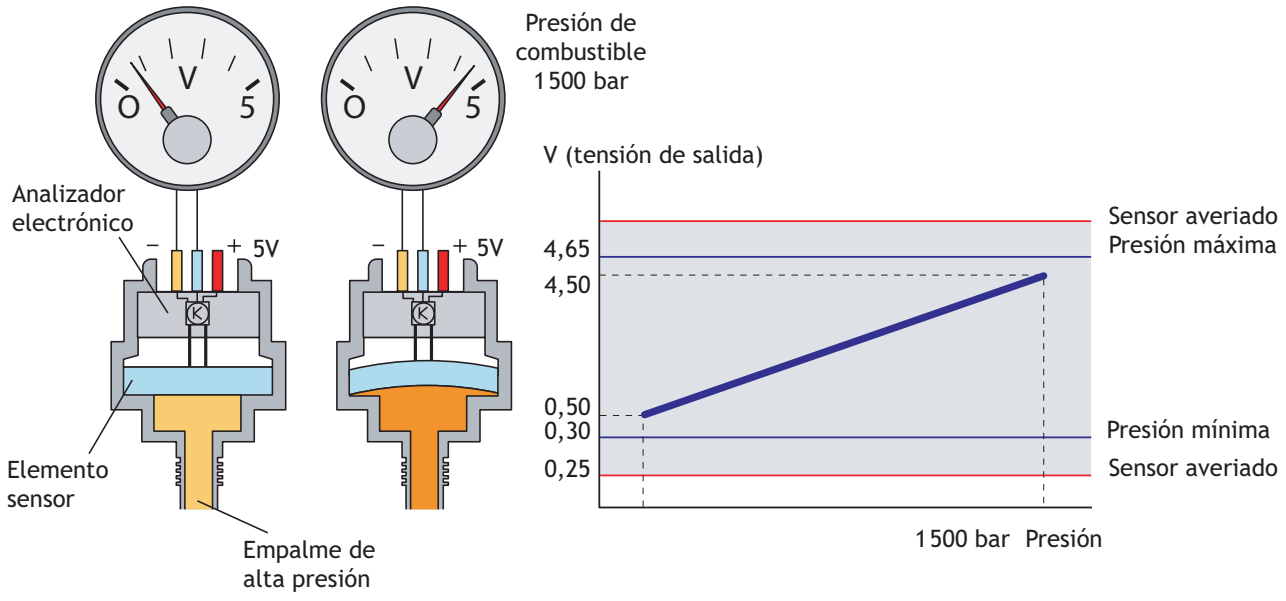
8.83. Rail o acumulador de presión.

1 Conexiones eléctricas
2 Circuito evaluador
3 Membrana metálica con elemento sensor
4 Empalme de alta presión
5 Rosca de fijación



8.84. Sensor de presión del acumulador.

Está alimentado con una tensión de 5 V y suministra una tensión proporcional a la presión de carburante en la rampa de inyección de entre 0,5 y 4,5 V. A medida que aumenta la presión se reduce la resistencia del sensor, aumentando correspondientemente la tensión de la señal (figura 8.85).



8.85. Tensión proporcionada por el sensor de presión según la presión de combustible y representación gráfica.

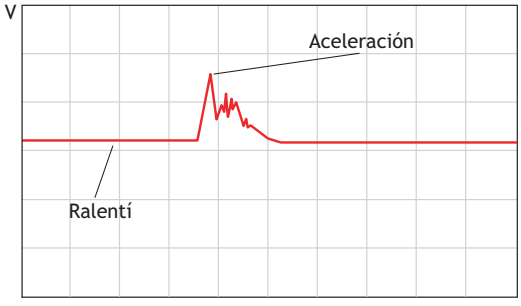
>> Casos prácticos

Comprobación de la presión en el rail o acumulador de presión

•• Obtén mediante polímetro los valores de tensión de un sensor de presión en las fases de funcionamiento de ralentí y plena carga. Igualmente obtén mediante osciloscopio la gráfica en la que se muestre ralentí y aceleración de forma conjunta.

Solución •• Con el sensor conectado de la instalación eléctrica los valores más comunes a ralentí serán de 1,2 a 1,5 V, y a plena carga, de 4,0 a 4,5 V.

La gráfica obtenida mediante osciloscopio se muestra en la figura 8.86.

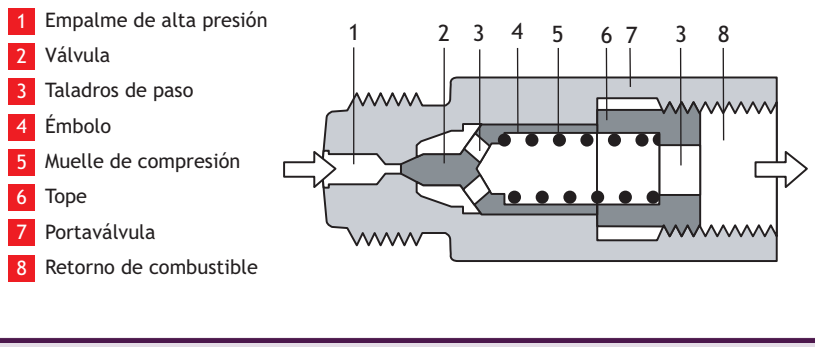


8.86. Señal de mando de un sensor de presión.

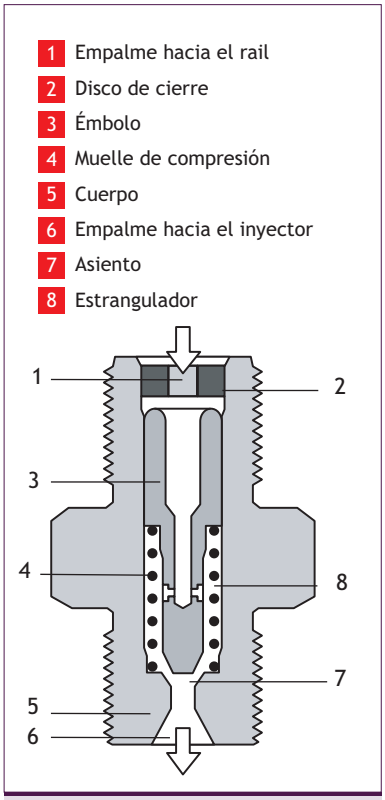
– **Válvula limitadora de presión.** Su función es similar a la que realiza una válvula de sobrepresión, es decir, deja libre un orifico de salida en caso de un aumento de presión excesivo (figura 8.87). Esta válvula admite una presión máxima de 1 500 bar.

Mientras que la presión no supere los 1 350 bar, el muelle (5) hace presión sobre el émbolo (4), y este a su vez contra la válvula (2), con lo que el sistema se hace estanco. Pero si aumenta la presión hasta los 1 500 bar, el combustible ejerce tal presión que vence la resistencia del muelle (5) abriendo la válvula (2). Por tanto, el combustible fluye por unos taladros de paso (3), hasta llegar a la zona de retorno al depósito (8).

– **Limitador de flujo.** Es un componente opcional que va situado mediante una rosca exterior a las tuberías de alimentación de los inyectores con la finalidad de evitar inyecciones permanentes en los mismos (figura 8.88).



8.87. Válvula limitadora de presión.



8.88. Limitador de flujo.

En condiciones normales (reposo) el émbolo (3) se encuentra contra el tope por el lado del rail. Cuando se produce la inyección, la presión disminuye en la zona cercana al inyector al salir el combustible por el estrangulador (8), con lo que el émbolo se desplaza en esa dirección pero sin llegar a cerrar el asiento (7). Al final de la inyección el émbolo retorna a su posición debido a la acción del muelle (4).

Si, por el contrario, existe una fuga en el inyector, el émbolo se desplaza hacia el asiento (7), cerrando el paso de combustible hacia el inyector, pues la presión que se ejerce desde la zona del rail es suficiente como para hacer estanco el sistema.

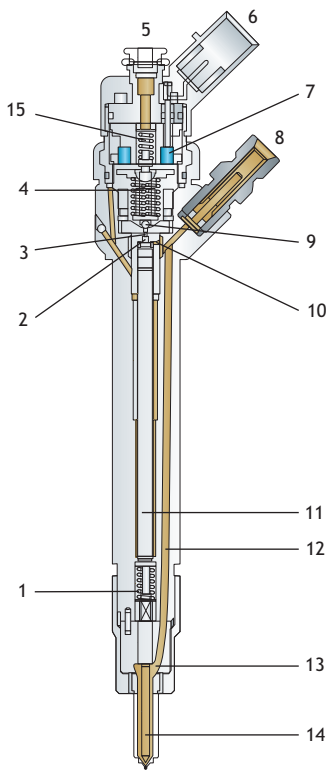
– **Inyectores.** Tienen la función de liberar el combustible a la presión necesaria para el funcionamiento del motor. Generalmente constan de 5 ó 6 orificios de un diámetro que oscila entre 0,15 y 0,17 mm cada uno de ellos que favorecen la mezcla aire/combustible (figura 8.89).

La cantidad de combustible inyectada depende de los parámetros siguientes:

- Duración de la excitación de la electroválvula.
- Velocidad de apertura y cierre de la aguja del inyector.
- Cantidad y diámetro de los orificios (caudal hidráulico del inyector).
- Presión del combustible en la rampa de inyección.

8.89. Inyector electromagnético para common rail.

1 Muelle de la tobera de inyección
2 Cámara de control del inyector
3 Estrangullador de salida
4 Inducido de la electroválvula
5 Retorno de combustible al depósito
6 Terminal eléctrico de la electroválvula
7 Electroválvula
8 Empalme de alimentación combustible-alta presión del conducto común
9 Válvula de bola
10 Estrangulador de entrada
11 Émbolo de control del inyector
12 Canal de entrada de la tobera
13 Cerda volumétrica
14 Aguja de la tobera de inyección
15 Muelle de la electroválvula

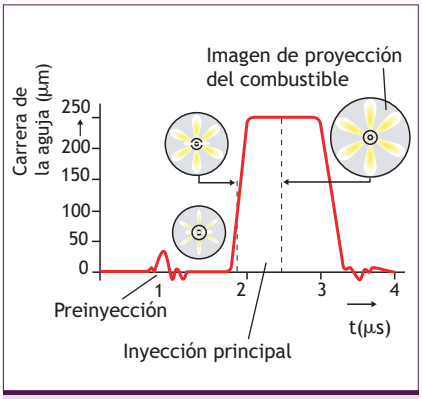


8.92. Inyector.

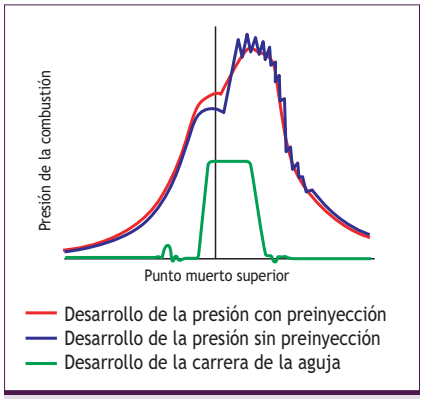
El combustible puede ser inyectado en las siguientes fases con el objetivo de conseguir los siguientes resultados:

- **Preinyección.** Reduce el nivel de ruido del motor.
- **Inyección principal.** Su tiempo dependerá de las necesidades de potencia y par.
- **Postinyección.** Reduce la cantidad de contaminantes emitidos.

En la figura 8.90 se representa cómo varía la carrera de aguja y el chorro de pulverización durante la preinyección e inyección principal de combustible. También se muestra la variación de la presión de combustión en la cámara durante el desarrollo de la inyección y giro del motor (figura 8.91).



8.90. Fases de inyección y tipo de pulverización del inyector.



8.91. Desarrollo de la presión de combustión con y sin preinyección.

Los inyectores son controlados eléctricamente por el calculador de inyección y su mando es realizado por dos etapas de potencia del propio calculador en donde la etapa 1 gobierna el mando de los inyectores 1 y 4, y la etapa 2 gobierna el mando de los inyectores 2 y 3.

Entre las respectivas inyecciones, el calculador de inyección envía impulsos a la bobina del inyector en reposo, con el fin de crear una tensión inducida que cargue la etapa de potencia correspondiente (condensadores).

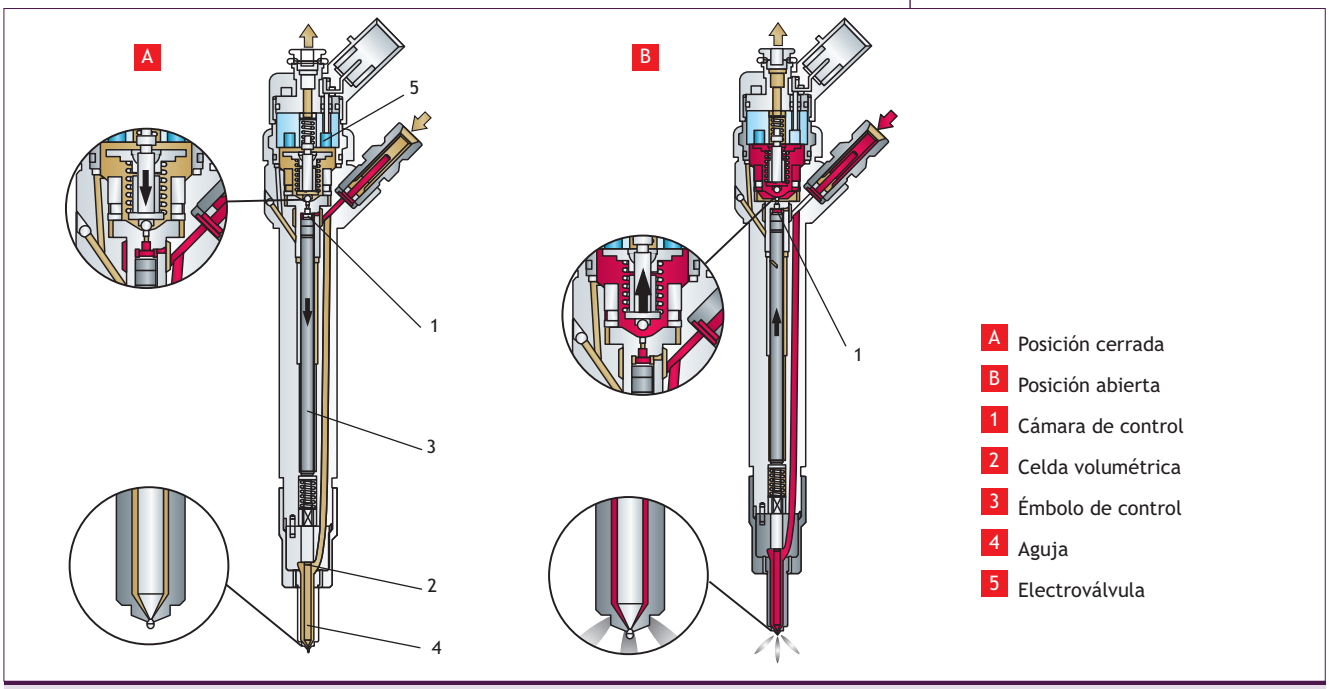
A continuación se va a detallar la descripción de un inyector para comprender mejor su funcionamiento (figura 8.92):

- La electroválvula de mando está fijada en la parte superior del inyector por medio de una tuerca.
- La apertura de los inyectores se obtiene por diferencia de presión entre la cámara de control del inyector (2) y la celda volumétrica (13).
- La aguja del inyector es mantenida sobre su asiento por el muelle (1).
- Sobre la aguja del inyector (14) se apoya el émbolo de control (11), libre en su cilindro.
- La cabeza del émbolo de control emerge en la cámara de control del inyector (2).
- La cámara de control del inyector está conectada con el circuito de alta presión de combustible a través del estrangulador de entrada (10) y con el circuito de retorno al depósito por el estrangulador de salida (3).
- La aguja de la electroválvula es mantenida sobre su asiento por el muelle que incorpora la electroválvula (15) y sube por la alimentación de la bobina de la electroválvula.

- El combustible es distribuido de idéntica manera en la cámara de control del inyector y la celda volumétrica.
- El estrangulador de entrada es mayor que el de salida.

A continuación se explican las fases de trabajo del inyector:

- **Inyector cerrado** (figura 8.93.A). Al no estar alimentada la bobina de la electroválvula, la presión existente en la cámara de control del inyector (1) y la celda volumétrica (2) son iguales. En este estado de funcionamiento el émbolo de control del inyector (3) permanece inmóvil mantenido contra la aguja del inyector (4).
- **Inyector abierto** (figura 8.93.B). El calculador de inyección alimenta a la electroválvula de mando (5) creando un campo magnético en su bobina que hace subir la aguja (máximo recorrido de 0,06 mm) de la electroválvula y, por tanto, abre el estrangulador de salida. Con esto la presión del combustible disminuye en la cámara de control del inyector y la fuerza de cierre se reduce en la parte superior de la tobera de inyección. En esta situación aumenta la presión en la parte inferior de la tobera de inyección (celda volumétrica) proveniente del rail, provocando la apertura de la misma a la vez que sube el émbolo de control. La inyección persiste mientras la electroválvula del inyector permanece alimentada.
- **Cierre del inyector.** Se produce el cierre del inyector cuando la unidad de control deja de alimentar a la electroválvula del inyector. El muelle de la electroválvula mantiene la aguja sobre su asiento y el estrangulador de salida es obturado. También la fuga de combustible hacia el retorno es eliminado. En esta posición, la subida de la presión en la cámara de control del inyector provoca el descenso del émbolo de control y, por tanto, el cierre del inyector, restableciéndose el equilibrio de presiones entre la cámara de control y la celda volumétrica.

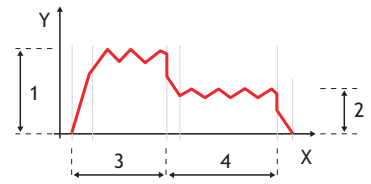


8.93. Inyector en posición cerrado y abierto.

Inyectores piezoeléctricos para sistemas con common rail

En la actualidad se están instalando en los vehículos de reciente fabricación inyectores piezoeléctricos cuyo principio de funcionamiento es idéntico a los vistos para inyectores-bomba piezoeléctricos. Estos inyectores mejoran las prestaciones de los motores y pueden alcanzar presiones de inyección cercanas a los 1 600 bar.

– **Mando de las bobinas de la electroválvula del inyector.** La alimentación de las electroválvulas tiene lugar en dos etapas (figura 8.94):
  • **Etapa de activación.** Provoca una subida rápida de la aguja. Para ello se puede tener una tensión máxima de 100 V en punta (tensión necesaria al inicio de apertura de los inyectores) y una intensidad de unos 20 A. Esta etapa dura unos 0,3 ms.
  • **Etapa de mantenimiento.** Tiene por objetivo continuar alimentando la electroválvula limitando la potencia eléctrica absorbida mediante una tensión de 50 V y una intensidad de unos 12 A.



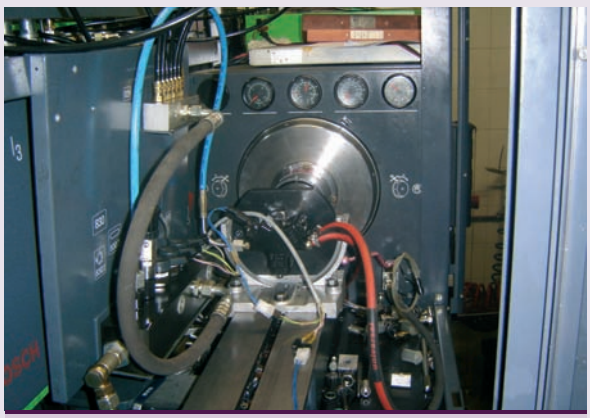
Y Corriente (A)
X Duración (ms)
1 Corriente de retorno
2 Corriente de mantenimiento
3 Fase de retorno
4 Fase de mantenimiento

8.94. Corriente de mando de las electroválvulas de un inyector electromagnético de un sistema common rail.

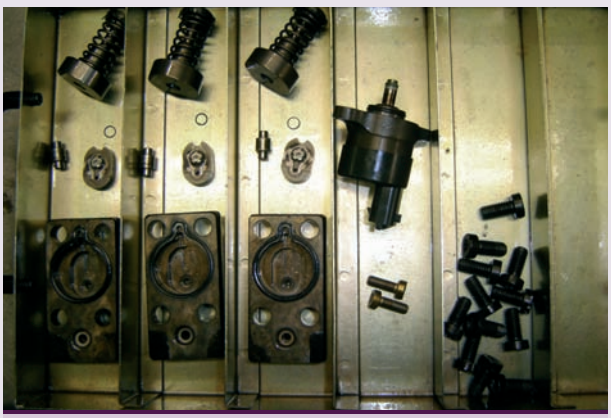
Técnica

Comprobación de una bomba common rail sobre banco de pruebas

- La presión de alimentación de la bomba de alta presión en revoluciones de ralentí será aproximadamente de 2 a 2,5 bares.
- Verificar sobre banco de pruebas especial (figura 8.95) que la bomba de alta presión alcanza los valores máximos de presión establecidos por el fabricante. Para ello se hace girar a la bomba a las revoluciones máximas de presión que se encuentran entre las 3 000 y 3 500 rpm.
- El valor máximo de presión que se encuentra en torno a los 1 350 bares se debe alcanzar en un tiempo mínimo de 3 segundos.
- De no conseguirse los resultados establecidos, se desmontará la bomba (figura 8.96) y se sustituirán los elementos defectuosos.



8.95. Montaje de la bomba de alta presión sobre banco de pruebas.



8.96. Despiece de una bomba de alta presión.

>> Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Qué mejoras se obtienen en un motor diésel al incluir la electrónica en sus componentes?

2·· ¿Qué función tiene el transmisor situado en la cabeza de un inyector bimuelle?

3·· ¿Cuál es la función del transmisor de la corredera de regulación de una bomba rotativa BOSCH VE?

4·· ¿Dónde va situado y qué misión cumple el elemento dosificador o posicionador de una bomba rotativa BOSCH VE?

5·· ¿Qué ventajas ofrece el inyector-bomba?

6·· Enumera las fases que se pueden dar durante el ciclo de inyección de un inyector-bomba.

7·· Cita la secuencia de activación de la electroválvula de un inyector-bomba.

8·· ¿Qué es el efecto piezoeléctrico?

9·· ¿Cómo está constituida la bomba de alta presión de émbolos radiales?

10·· ¿Qué misión tiene el sensor del ángulo de rotación de un bomba rotativa BOSCH VR?

11·· ¿Qué significado tienen las palabras unijet y multijet?

12·· ¿En qué situaciones se desactiva el tercer pistón de una bomba de alta presión de common rail?

13·· ¿Qué funciones tiene el rail o acumulador de presión de un sistema de common rail?

14·· ¿Qué objetivos persiguen las fases de inyección de un inyector de common rail electromagnético?

15·· Explica las etapas de funcionamiento de la electroválvula de un inyector electromagnético de common rail.

.: APLICACIÓN :.

1·· Monta y desmonta la bomba de inyección con regulación electrónica BOSCH VE.

2·· Localiza e identifica los componentes de los sistemas de inyección con regulación electrónica.

3·· Obtén los oscilogramas que se han visto durante el estudio de la unidad.

4·· Obtén sobre un banco de pruebas las presiones de inyección de cada uno de los sistemas de inyección electrónicos vistos en la unidad.

5·· Obtén el oscilograma de un electroinyector y sitúa sobre él las fases del ciclo de inyección.

Caso final

Comprobación de presiones del sistema common rail

•• Llega al taller un vehículo con sistema de inyección common rail con problemas de arranque. Una vez con el motor en marcha el vehículo funciona correctamente. Por otra parte, cuando se le conecta la máquina de diagnosis esta no detecta ningún fallo.

Realiza las comprobaciones pertinentes.

Solución •• Una vez descartadas una serie de comprobaciones por funcionar el motor correctamente una vez en marcha, debes centrar las comprobaciones en el sistema de inyección. En un common rail puedes realizar los siguientes procedimientos de prueba en el sistema de baja y alta presión de combustible:

1. Verifica el circuito de combustible de baja presión-retorno (figura 8.97)

Conecta un manómetro en el retorno de los inyectores diésel para medir la presión sobrante procedente de los mismos.

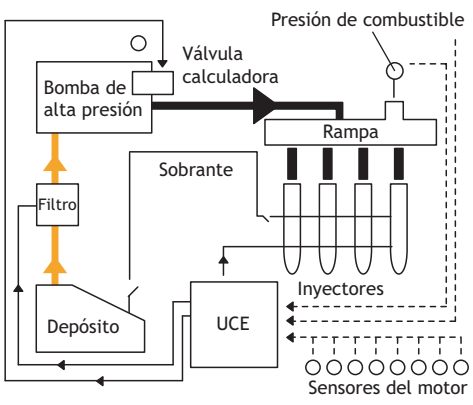
- **Control de presiones en estática (motor parado)**
  - Pon el contacto durante 3 s y verifica que la presión de retorno sea de 0,5 ± 0,4 bar.
- **Control de presiones en dinámica (motor en marcha)**
  - Con el motor en marcha al régimen de ralentí, la presión de retorno de carburante indicada por el manómetro debe ser de 0,7 ± 0,4 bar.

De las dos pruebas anteriores se puede resumir que en 30 s la presión debe ser inferior a 1 bar.

Recuerda que está prohibido cualquier control de presión posterior al filtro de carburante para evitar que tome aire el circuito.

2. Verifica el circuito de combustible a baja presión-envío

Conecta un manómetro entre la bomba de cebado y el filtro de carburante (tubo procedente del depósito que llega al filtro).



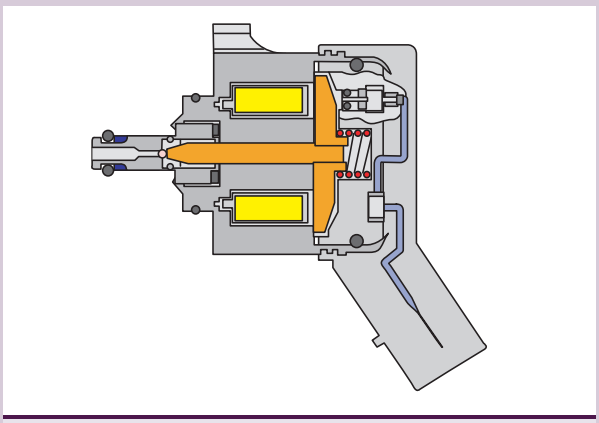
8.97. Circuito de combustible de common rail.

- **Control de presiones en estática (motor parado)**
  - Pon el contacto durante 3 s y verifica que la presión de llegada de carburante indicada por el manómetro es de 1,8 ± 0,4 bar.
- **Control de presiones en dinámica (motor en marcha)**
  - Con el motor en marcha en régimen de ralentí, la presión de llegada de carburante indicada por el manómetro será de 2 ± 0,4 bar.
  - La presión puede alcanzar aproximadamente 3 bar de presión. En caso de no alcanzarse este valor se tendrá que comprobar el buen funcionamiento de la bomba eléctrica del depósito, filtro de combustible y tomas de aire no deseadas.

3. Verifica la presión de alta

Este proceso es muy importante ya que de no alcanzarse la presión adecuada en el sistema la unidad de control no excitará los inyectores. Verifica, por tanto, la tensión del sensor de presión (figura 8.98).

- Con el contacto la tensión será aproximadamente de 0,4 V, y en fase de arranque se acercará el valor a 1 V.
- La unidad de control excita a los inyectores una vez que se ha alcanzado como mínimo una tensión del sensor de 0,8 V. Si no se llegara a este valor estaríamos ante un posible caso de fuga en el circuito.
- La procedencia de la fuga podrá ser principalmente de bomba de alta presión (figura 8.99), regulador de presión e inyectores.



8.98. Sensor de presión.

8.99. Bomba de alta presión.

4. Verifica la estanqueidad de los electroinyectores

En primer lugar verifica la fuga por el conducto de retorno de los inyectores. Para ello realiza en orden las siguientes operaciones:

- Verifica las conexiones eléctricas de todos los electroinyectores.
- Suelta el tubo de retorno de cada uno de los inyectores y sumérgelos en probetas graduadas.
- Acciona el arranque y comprueba cómo fluye el combustible por cada uno de los retornos. En condiciones normales, hasta que no se accione el arranque no debe existir retorno ninguno. Si existe retorno, esa es la causa de la fuga.
- Una vez excitadas las electroválvulas, el retorno será de pequeña cuantía y homogéneo entre todas ellas.
- Si los inyectores funcionan correctamente, el problema estará centrado entre la bomba de alta presión y el regulador de presión.

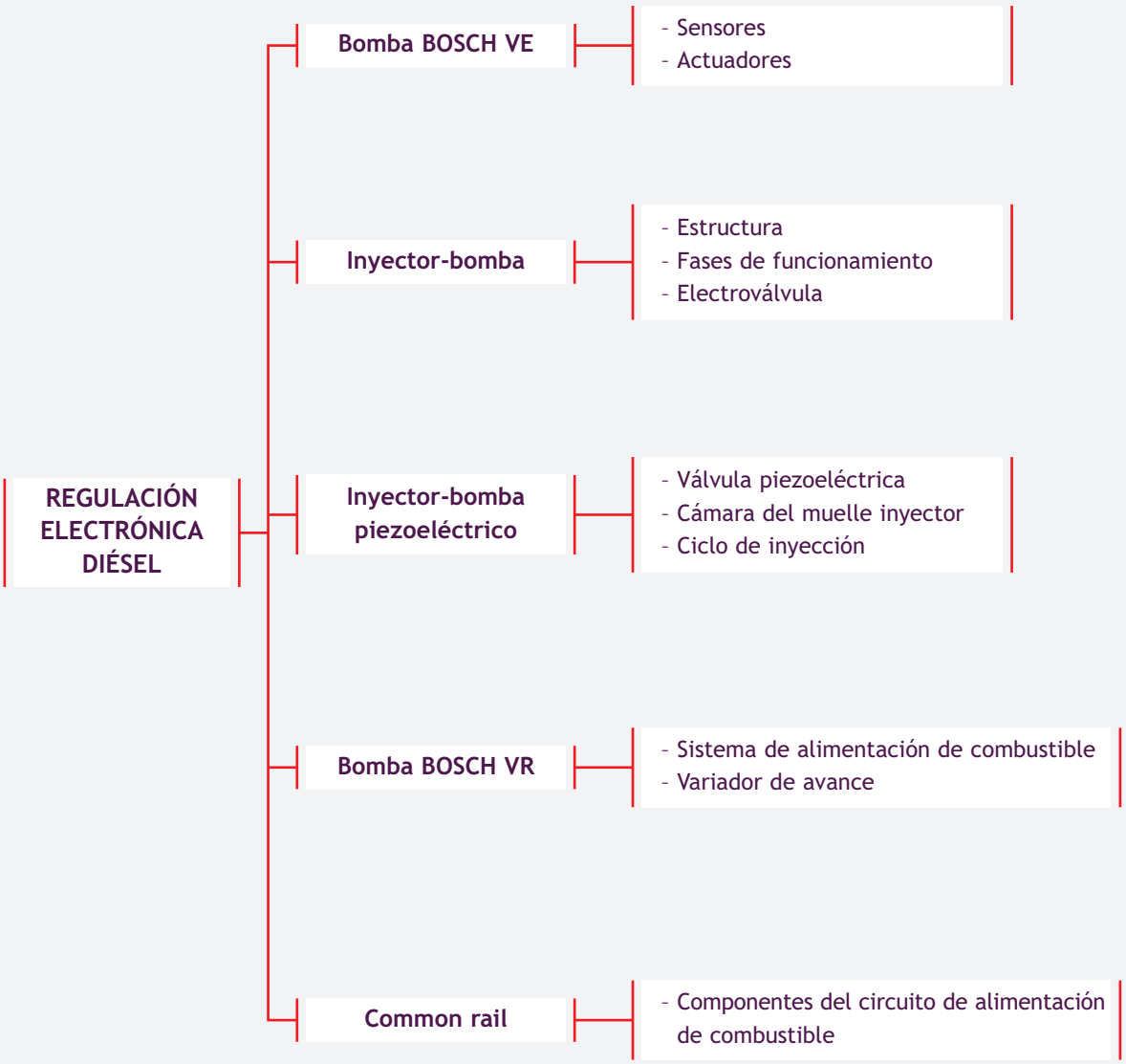
5. Verifica la estanqueidad de las uniones de alta presión

Parar realizar el control de estanqueidad de los inyectores y tuberías de alta presión se debe proceder de la siguiente forma:

- Pulveriza con detector de fugas prescrito por el fabricante sobre los racores de los inyectores y sobre la rampa de inyección de alta presión de carburante.
- Deja secar el producto y arranca el motor. Verifica la ausencia de fugas.
- Sube las revoluciones del motor hasta 4 000 rpm y verifica la ausencia de fugas.
- Sustituye si fuera necesario las piezas defectuosas y monta la tapa.

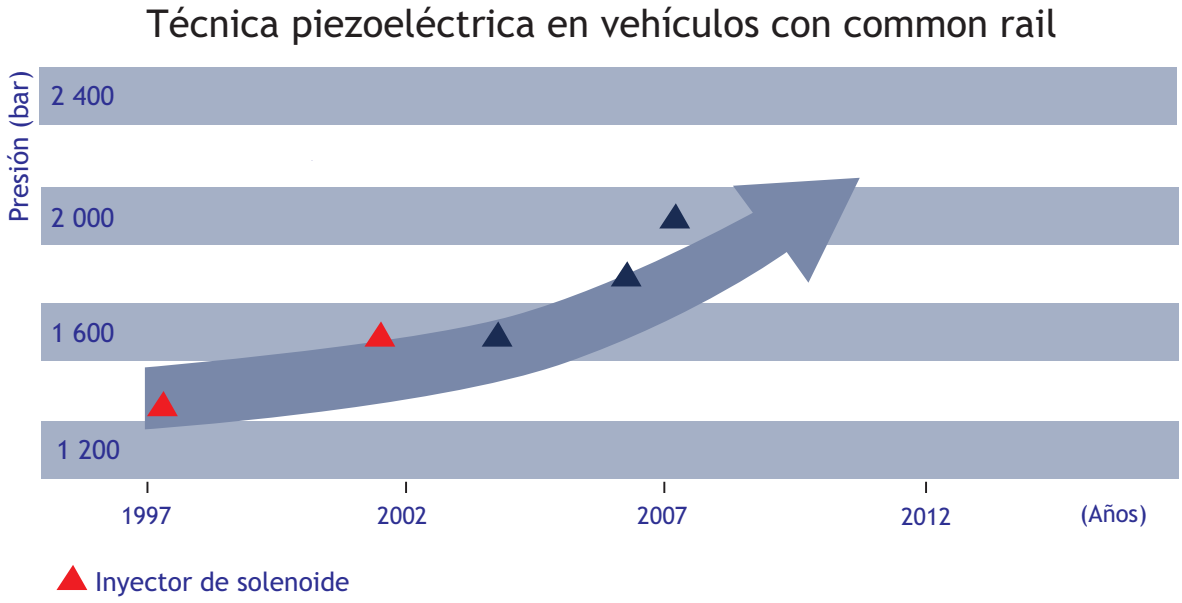
Recuerda que la junta de cobre de estanqueidad porta-inyector/culata debe ser sustituida después de cada intervención.

Ideas clave


REGULACIÓN ELECTRÓNICA DIÉSEL
Bomba BOSCH VE
- Sensores
- Actuadores
Inyector-bomba
- Estructura
- Fases de funcionamiento
- Electroválvula
Inyector-bomba piezoeléctrico
- Válvula piezoeléctrica
- Cámara del muelle inyector
- Ciclo de inyección
Bomba BOSCH VR
- Sistema de alimentación de combustible
- Variador de avance
Common rail
- Componentes del circuito de alimentación de combustible

La evolución técnica del automóvil es imparable. Si nos fijamos en la actividad de los centros de I+d+i de firmas como Siemens VDO Automotive, esta evolución no nos debe extrañar. Sistemas electrónicos que hacen que los motores diésel sean más eficientes, económicos y limpios.

NUEVA TECNOLOGÍA PIEZOELÉCTRICA

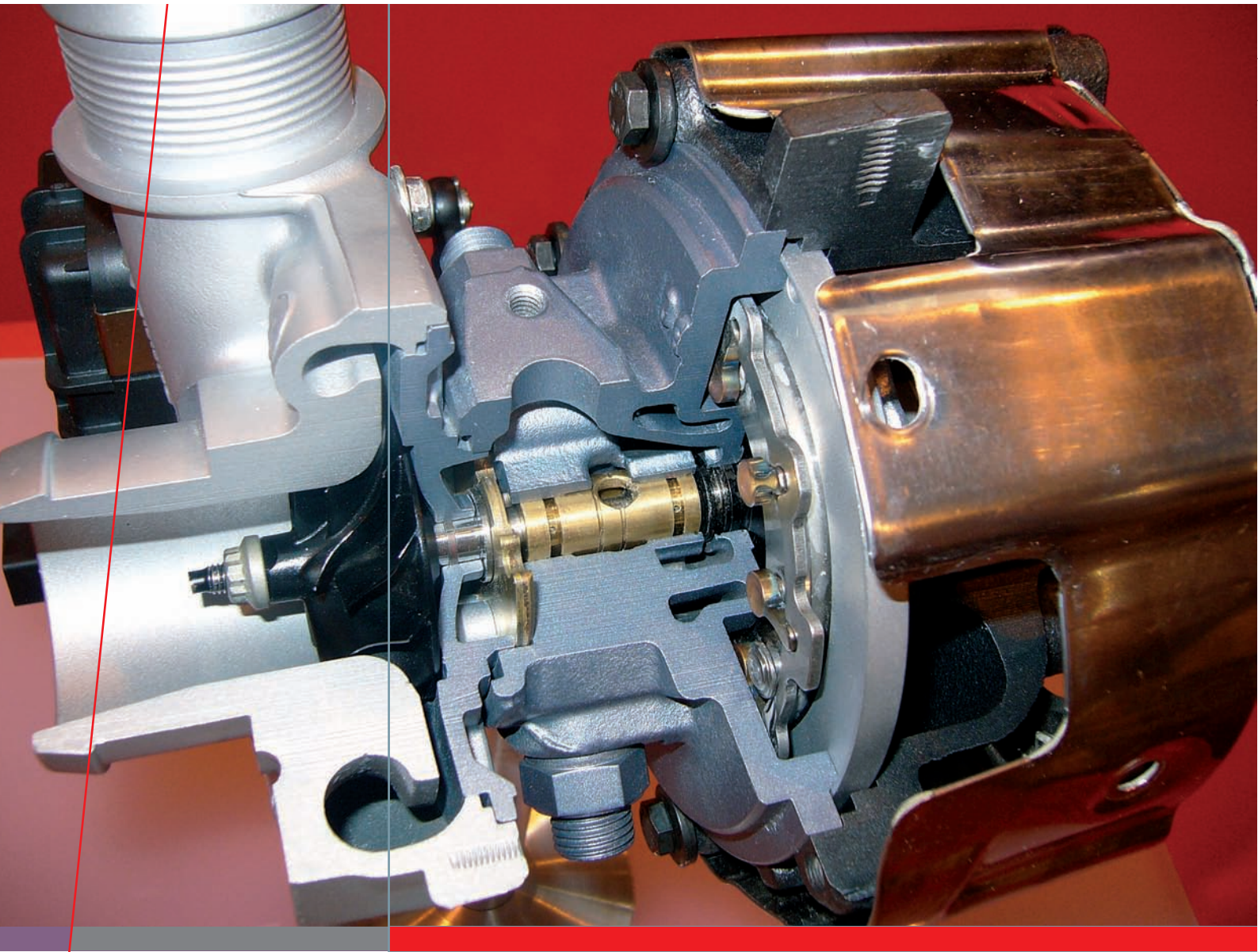


La última **tecnología Siemens de inyección diésel piezoeléctrica** se está **aplicando ahora al vehículo industrial ligero.** El fabricante alemán se ha convertido en un destacado proveedor de **sistemas de inyección diésel piezo-common-rail** para vehículos industriales ligeros cuyo peso máximo no excede de las seis toneladas y sus motores no superan los 6,5 litros de cilindrada.

La tecnología piezoeléctrica hoy en día es capaz de alcanzar presiones de inyección superiores a los 1 750 bar por lo que el combustible alcanza elevados niveles de pulverización. **Siemens** aspira próximamente a alcanzar los 2 000 bar de presión además de un mayor rendimiento termodinámico que permitirá generar un par motor más alto por litro de cilindrada. Así mismo, estima que las futuras generaciones de bombas alcancen rendimientos de un 95% y una mayor presión de alimentación.

De momento, sin embargo, los vehículos industriales antes mencionados son los grandes beneficiados de los últimos avances de **Siemens** en el campo de la inyección piezoeléctrica. La gran ventaja de esta tecnología aplicada al vehículo industrial es que la alta calidad de inyección se conserva durante toda la vida útil del vehículo. El elemento clave que garantiza esta fiabilidad es la unidad de control de última generación, que compensa las tolerancias de fabricación y las influencias ambientales así como las desviaciones mecánicas e hidráulicas. El controlador piezoeléctrico también puede utilizar las propiedades del actuador para activar selectivamente el inyector. En definitiva, con su función de gestión, la unidad de control minimiza los efectos del envejecimiento.

Revista *electrocar*
Noviembre 2006



unidad 9

Sistemas de sobrealimentación

SUMARIO

- Turbocompresores
- Compresores volumétricos
- Sistemas biturbo
- Mantenimiento del turbo

OBJETIVOS

- Conocer el concepto de la sobrealimentación.
- Conocer los diferentes tipos de sobrealimentación.
- Conocer en profundidad los turbocompresores de geometría fija y variable.
- Aprender la gestión electrónica de algunos sistemas sobrealimentados.
- Identificar sobre vehículos los componentes de la sobrealimentación.

1 >> Introducción

La aparición de la sobrealimentación dentro del motor ha conseguido mantener la potencia en condiciones adversas en donde la presión es más baja y la cantidad de mezcla que se introduce al motor es menor, como puede ocurrir en trayectos de montaña a gran altitud o zonas de altas temperaturas.

> **La sobrealimentación consigue aumentar el par motor y la potencia del vehículo sin variar la cilindrada ni el régimen del motor, elevando el valor de la presión media efectiva del cilindro del motor.**

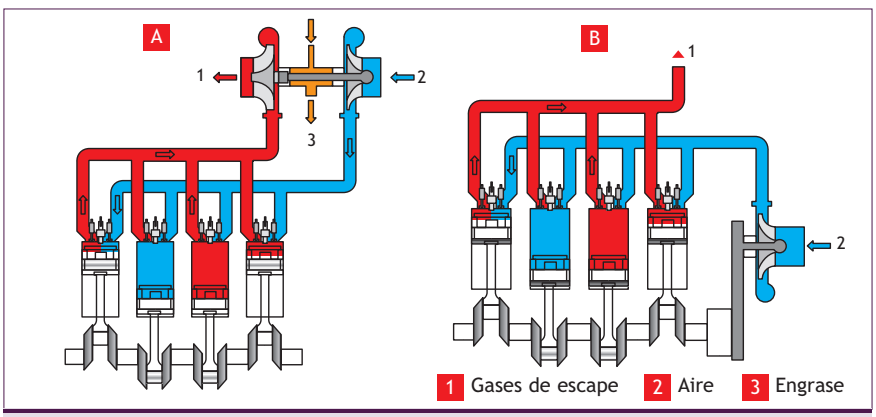
Así pues, solo se conseguirá aumentar el par y la potencia colocando en el interior del cilindro un volumen de aire (motores diésel) o de mezcla (aire y gasolina para los motores de gasolina) mayor que el que entra en una aspiración normal o natural (motores atmosféricos).

Un motor sobrealimentado puede conseguir hasta **un 40% más de potencia** que un motor de iguales características no sobrealimentado. Este aumento de potencia se debe tener en cuenta a la hora de fabricar los motores con el objetivo de evitar sobrecalentamientos del motor o presiones y temperaturas excesivas de encendido en la cámara de combustión provocados por la alta capacidad de entrega de aire y presión. De todas formas, se emplean dispositivos que limitan la velocidad máxima o rendimiento de potencia para evitar perjudicar al motor.

Para realizar la sobrealimentación se necesita una máquina capaz de tomar el aire a la presión atmosférica y comprimirlo para conseguir una sobrepresión. Este trabajo se encomienda a los **compresores.**

Los compresores se pueden clasificar de la siguiente forma:

- **Turbocompresores.** Son de tipo centrífugo. Se suelen denominar como turbo y son accionados por los gases de escape (figura 9.1.A).
- **Compresores volumétricos.** Son accionados de forma mecánica por el cigüeñal del motor por medio de correas o engranajes (figura 9.1.B).
- **Comprex.** Son accionados de la misma forma que los compresores volumétricos. También llamados **compresores de ondas a presión** ya que la energía necesaria para la sobrealimentación es transmitida por contacto directo entre los gases de escape y los de admisión mediante ondas de presión.



9.1. Turbocompresor y compresor volumétrico.

P Práctica 15

Comienzos del turbo

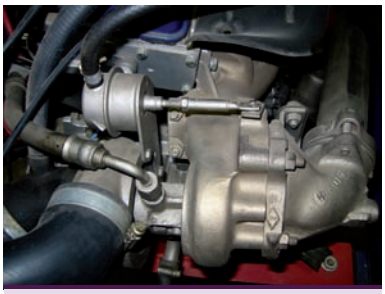
La sobrealimentación de motores es muy antigua; existen patentes que son anteriores al siglo XX. El ingeniero suizo A. Büchi en 1905 patentó la primera idea similar a lo que es un turbocompresor y que completó en 1910 con un sistema idéntico a los que ahora se están utilizando.

Principales fabricantes de turbos

Hay dos fabricantes principales a la hora de construir máquinas para sobrealimentar motores compresores:

- **Garret.**
- **Kkk.**

También están **IHI, MHI** (Mitsubishi) y **Holset.**



9.2. Situación del turbocompresor en el motor.

Bombas de engrase en motores con turbo

Las bombas de aceite de los motores sobrealimentados están sobredimensionadas al tener la misión adicional de lubricar el turbo.

V Vocabulario

Wastegate: literalmente significa puerta de paso.

2 >> El turbocompresor

El turbocompresor es una bomba de aire diseñada para operar con la energía que normalmente se pierde en los gases de escape del motor.

Estos gases impulsan la rueda de **turbina** (lado escape) que va acoplada a la rueda de **compresor** (lado admisión). Cuando giran, aportan un gran volumen de aire a presión, aumentando la presión en las cámaras de combustión del motor (figura 9.3).

El turbocompresor es el más utilizado porque no consume potencia del motor y puede girar a más de 100 000 rpm. Se pueden clasificar en :

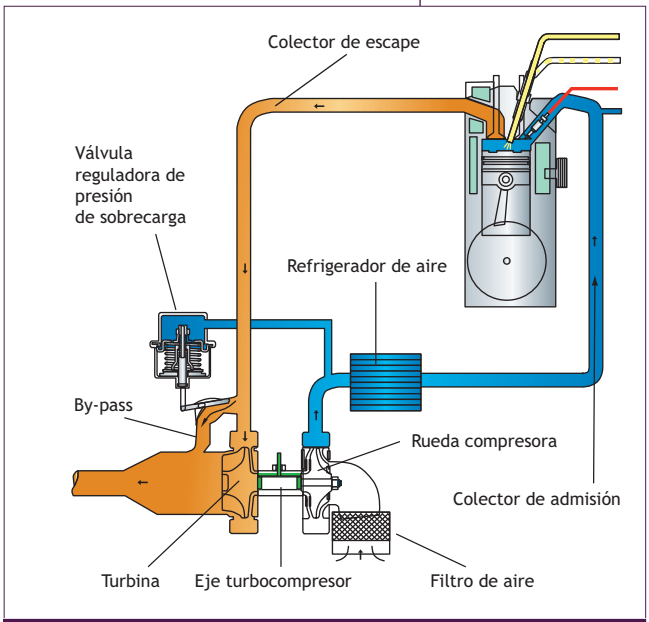
- Turbocompresores de geometría fija.
- Turbocompresores de geometría variable.

2.1 > Turbocompresor de geometría fija

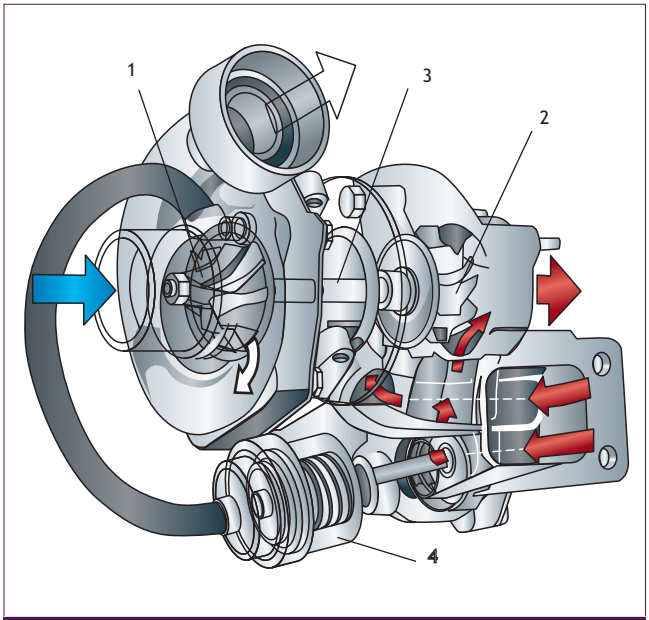
El conjunto turbocompresor está formado principalmente por una **turbina (2)** y un **compresor (1)** (figura 9.4) que se encuentran introducidos en sus respectivas carcasas de forma opuesta y unidas ambas por un **eje común (3).** Tanto la turbina como el compresor contienen **álabes** para conseguir aumentar la presión de alimentación. En una parte anexa al turbo también se encuentra la **válvula de descarga (4)** ***wastegate,*** que se encarga de limitar la presión de sobrealimentación del turbo desviando una cantidad de gases de escape directamente al escape sin pasar por la turbina.

La carcasa de la turbina tiene forma de caracol para aumentar la velocidad de los gases haciéndolos incidir con mayor fuerza sobre sus álabes.

La carcasa del compresor tiene el mismo aspecto que la turbina, pero sus condiciones de utilización son menos extremas en cuanto a temperaturas, pero son iguales en cuanto a la presión que se produce en ellas.



9.3. Funcionamiento básico del turbocompresor.



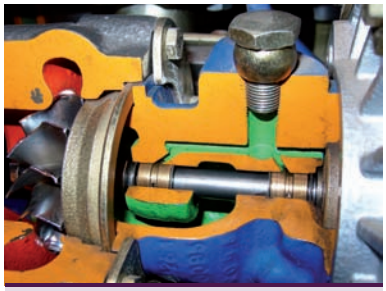
9.4. Estructura del turbocompresor.

En la parte central se ubica el eje que une la turbina y el compresor. Este eje está sometido a altas solicitaciones mecánicas debido al giro y, además, debe soportar elevadísimas temperaturas (en torno a 900 ºC).

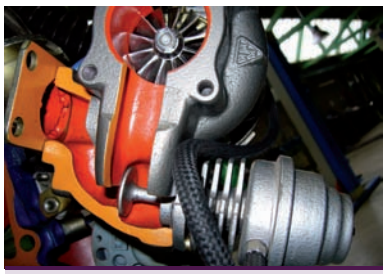
El eje se apoya en el turbocompresor por medio de cojinetes o rodamientos (turbos muy pesados) en sus extremos y está en contacto con el circuito de engrase (figura 9.5) para conseguir un perfecto movimiento del eje y una refrigeración debido a las altas temperaturas. La falta de una lubricación correcta puede provocar la destrucción del turbo en cuestión de minutos. De forma resumida se puede decir que al aceite que pasa por el turbo se le asignan dos principales tareas:

- Establecer una pantalla de estanqueidad entre los gases de escape, el aire introducido y las partes internas del turbocompresor.
- Transportar una parte muy elevada del calor cedido por los gases de escape a la turbina. Rebaja en unos 200 ºC las partes del turbo que están en contacto con el aceite.

Para garantizar siempre la lubricación de los cojinetes, el motor no debe pararse inmediatamente después de haber efectuado recorridos a alta velocidad, recomendándose mantener el motor en ralentí durante un breve espacio de tiempo. Por otra parte, si las paradas son repetitivas con el motor en caliente se ocasionarán erosiones y desprendimientos de incrustaciones de las paredes del cuerpo central.



9.5. Circuito de engrase del turbocompresor.

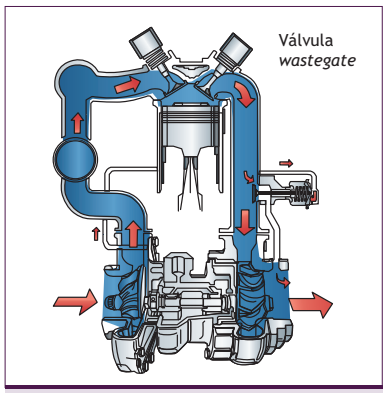


9.6. Válvula *wastegate* sobre el turbocompresor.

Sistema de regulación de la presión del turbo

La regulación de la presión de sobrealimentación permite suministrar al motor una presión límite variable de sobrealimentación, la cual está acorde con las condiciones de trabajo, tanto de solicitud de carga como a las climatológicas, temperatura del aire y presión atmosférica. Para ello, el turbocompresor dispone de una **válvula mecánica *wastegate*** (figura 9.6) encargada de regular la presión de soplado del mismo.

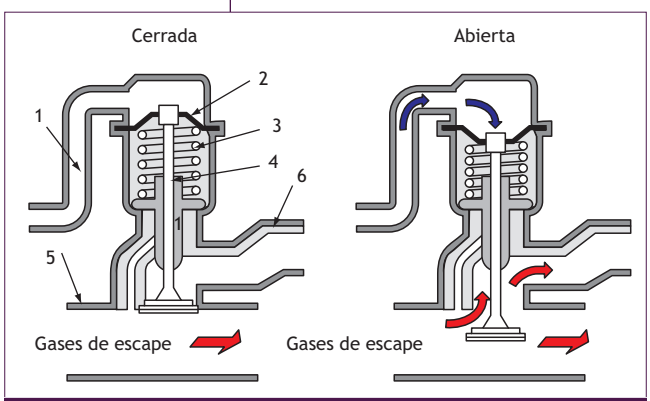
Esta válvula está situada en derivación (by-pass) con el conducto de escape (figura 9.7). Está constituida por una cápsula sometida a la presión de sobrealimentación, una membrana y una cámara de presión con un muelle tarado. El accionamiento de esta válvula puede ser de tipo neumático o eléctrico.



9.7. Regulación de la presión de sobrealimentación de forma neumática.

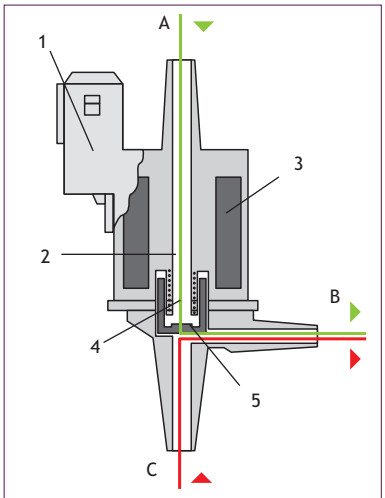
- **Regulación de la presión por accionamiento neumático.** Durante el funcionamiento del motor en ralentí o carga parcial la velocidad de los gases de escape es moderada creando una presión de sobrealimentación en el tubo (1) que es incapaz de abrir la válvula (4) (figura 9.8).

Cuando el motor gira a plena carga (elevadas revoluciones) la presión en el colector de admisión supera unos valores preestablecidos. Esta presión de soplado se transmite del colector de admisión a la válvula *wastegate* a través del tubo de conexión, que hace desplazar la membrana (2) y esta, a su vez, comprime el muelle (3) de la válvula (4) desplazándola de su asiento.

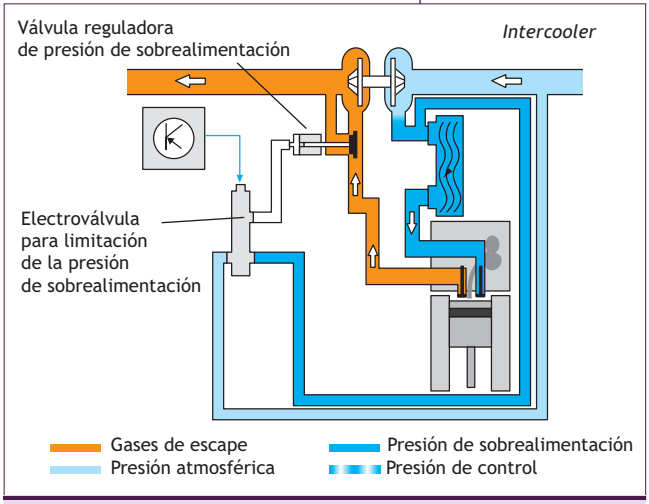


9.8. Posiciones de la válvula *wastegate* en función de la presión de sobrealimentación.

9.9. Electroválvula de limitación de la presión de sobrealimentación.



9.10. Esquema interno de una electroválvula de control de presión.



9.11. Regulación de la presión de control.

En esta situación parte de los gases de escape dejan de fluir por la turbina del turbocompresor, reduciéndose el efecto del compresor y disminuyendo la presión de alimentación en el lado de admisión.

– **Regulación de la presión por accionamiento eléctrico.** La única diferencia con el sistema neumático es que se ha instalado una **electroválvula de regulación** (figura 9.9) intercalada en el tubo de unión entre el colector y la válvula mecánica. Esta electroválvula para limitación de la presión de sobrealimentación es excitada por la unidad de control del motor y la señal que reciba va a variar en función de las señales que llegan a la unidad de control, como las revoluciones del motor, temperatura del aire aspirado, presión en el colector de admisión, posición del pedal del acelerador y transmisor altimétrico.

Está compuesta (figura 9.10) por un bobinado eléctrico (3) que controla la posición de un inducido constituido por un émbolo (2) que, al desplazarse, puede cerrar el paso permanente que se establece entre A (colector de admisión) y B (conducto hacia la *wastegate*). Según el valor de la corriente recibida en el bobinado, el émbolo pasa a cerrar el conducto A y a establecer el paso directo entre C (presión atmosférica) y B.

La presión de control con que se acciona la válvula *wastegate* viene determinada por la proporción de periodo de la señal. De esta forma se gestiona la cantidad de caudal de gases de escape que pasa a accionar la turbina del turbocompresor. La **presión de control** se obtiene por medio de la combinación de la presión atmosférica y la presión de sobrealimentación.

Cuando el motor **gira a bajas y medias revoluciones** (figura 9.11), la electroválvula de control deja pasar la presión de sobrealimentación que hay en el colector de admisión (conducto después del compresor) directamente hacia la válvula *wastegate*, cuya membrana es empujada para provocar la apertura de la válvula, pero esto no se producirá mientras que no se supere una presión de soplado suficiente para vencer la fuerza de tarado del muelle de la válvula.

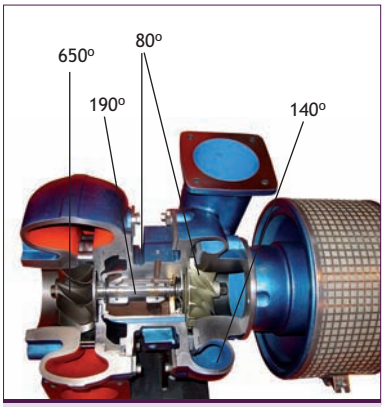
Si las revoluciones aumentan demasiado, la fuerza de soplado abrirá la válvula y disminuirá el paso de gases de escape por la turbina, es decir, se disminuirá la sobrealimentación.

También puede ocurrir que la unidad de control considere que la presión en el colector puede sobrepasar ciertos límites de funcionamiento (circulación en altitud, elevada temperatura ambiente o aceleraciones fuertes) sin que esto sea un riesgo para el motor. Para ello actuará sobre la electroválvula y comunicará el conducto de presión atmosférica situado antes del compresor (colector de admisión) con el de la válvula *wastegate*, manteniéndose esta cerrada por no vencerse la presión del muelle, y provocando un aumento de la sobrealimentación al entrar en contacto todos los gases con la turbina.

Temperaturas de un turbo

Las diferencias de temperaturas que se alcanzan a un lado y otro del turbo son muy notables (figura 9.12). En la turbina se pueden alcanzar temperaturas de 800 a 1 000 ºC, mientras que en el compresor como máximo se alcanzan unos 80 ºC. Esto hace que el eje común al que se unen tanto la turbina como el compresor esté sometido a temperaturas muy diferentes en sus extremos, lo cual dificulta el diseño y sobre todo la elección de materiales para su construcción.

El turbo se refrigera principalmente por el aceite de engrase, y además por el aire de entrada del colector de admisión que recoge parte del calor que contiene el rodete compresor. Hay que destacar que esto último no es nada beneficioso para el motor, ya que el aire caliente hace dilatar el aire de admisión y descender su densidad, con lo que el rendimiento volumétrico del motor se ve seriamente perjudicado.



9.12. Temperaturas que sufre un turbo.

Intercambiador de calor o *intercooler*

Es un sistema compuesto por un intercambiador de calor en el que se introduce el aire calentado que sale del rodete compresor para enfriarlo antes de introducirlo en los cilindros del motor. El aire que incide sobre este intercambiador o radiador proviene del exterior durante la marcha del vehículo y consigue rebajar la temperatura del aire que pasa por el interior del *intercooler* unos 40 ºC (el aire de admisión en motores turboalimentados puede alcanzar hasta 100 ºC).

Por tanto, se trata de un **intercambiador de calor aire/aire**. Con él se consigue aumentar la potencia y el par del motor debido al aumento de la masa de aire que entra en el cilindro como consecuencia de la subida de densidad del aire cuando este enfría. Otros efectos positivos resultantes de la utilización del *intercooler* son la disminución del consumo y de las emisiones contaminantes.

En ciertos motores el **intercambiador es de tipo aire/agua**, es decir, al aire se le fuerza a pasar por un radiador por el que circula el agua del sistema de refrigeración.

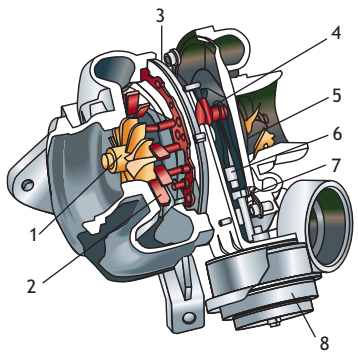
Ventajas e inconvenientes del turbocompresor de geometría fija

A continuación se detallan de forma resumida las ventajas e inconvenientes que ofrece la utilización de un turbocompresor en un vehículo:

Ventajas	Inconvenientes
- No consume energía en su accionamiento. - Fácil localización, sin accionamiento directo del eje del motor. - Reducido volumen en relación a su caudal proporcionado. - Gran capacidad de comprimir a altos regímenes y altos caudales.	- Mala capacidad de respuesta en bajas cargas por el poco volumen de gases. - Retraso en su actuación, por la inercia de la masa móvil y su aceleración mediante gases. - Alta temperatura de funcionamiento al accionarse con gases de escape. - Mayores cuidados de uso y mantenimiento.

Primer turbo de geometría variable

El primer vehículo que implantó en su motor el turbo de geometría variables fue el Fiat Croma en su motor de 2 000 cm³.



1 Rodete turbina
2 Álabes
3 Plato o corona
4 Leva
5 Rodete compresor
6 Vástago o varilla roscada
7 Tuerca
8 Cápsula neumática

9.13. Turbocompresor de geometría variable.

2.2 > Turbocompresor de geometría variable

Los turbocompresores de geometría variable tienen la característica de que a bajas revoluciones del motor se nota su efecto, eliminando el gran inconveniente de los turbocompresores de geometría fija.

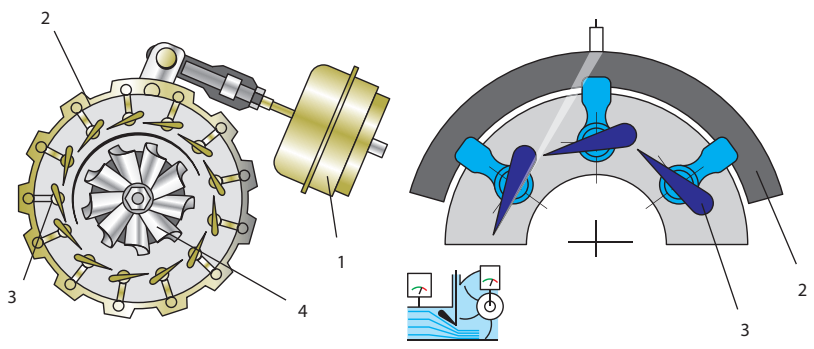
Son los más implantados en vehículos modernos. Su funcionamiento es similar a los de geometría fija, pero con la salvedad de que estos **no necesitan de una válvula de descarga,** puesto que el sistema puede hacer disminuir el giro de la turbina y, por tanto, rebajar la presión a los valores preestablecidos en determinados modos de funcionamiento del motor.

La gestión electrónica en este caso es la encargada de hacer disminuir o aumentar la fuerza que ejercen los gases de escape sobre la turbina. Con esto se consiguen tiempos de respuesta del turbo muy breves, además de velocidad de gases alta y un funcionamiento progresivo de la turbina desde bajos regímenes.

Para conseguir los efectos anteriormente expuestos se ha dispuesto en la turbina de escape del turbocompresor (figura 9.13) una corona (3) con un número de **álabes móviles** (2) en su periferia. La corona, a su vez, se encuentra unida a una **varilla** (6) y esta a una cápsula **neumática** (8) dividida en dos cámaras.

Teniendo en cuenta que la presión que ejercen los gases de escape está relacionada con el número de revoluciones del motor, se podrán obtener diferentes regímenes de funcionamiento de la turbina según la orientación que tomen las paletas o álabes móviles, es decir, se variará la sección de paso de los gases de escape.

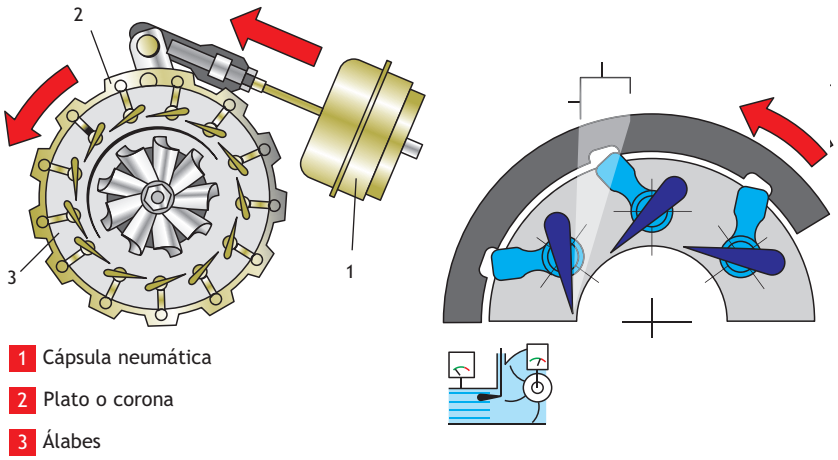
– **Funcionamiento con bajos regímenes de rotación del motor** (figura 9.14). En un turbocompresor convencional, en este estado de funcionamiento la presión que ejercerían los gases de escape sería baja, produciendo un giro lento de la turbina de escape y, como consecuencia, una presión de sobrealimentación mínima. Sin embargo, en un turbo de geometría variable, los álabes móviles se encuentran cerrados en su totalidad de forma que la sección de paso entre ellos es mínima. Esto hace aumentar la velocidad de los gases a su paso por ellos, creando una mayor velocidad de giro de la turbina y, por tanto, del compresor, aumentando la sobrealimentación en estos regímenes bajos.



1 Cápsula neumática
2 Plato o corona
3 Álabe
4 Turbina

9.14. Funcionamiento de un turbo de geometría variable a bajas revoluciones.

– **Funcionamiento con regímenes altos de rotación del motor** (figura 9.15). Al aumentar la velocidad de giro aumenta de igual forma la velocidad de los gases de escape y, por tanto, su energía cinética. En esta situación, del mismo modo se eleva la velocidad del rotor del turbocompresor, aumentando la presión de sobrealimentación y actuando esta a través de un tubo de conexión sobre la membrana de la cápsula neumática, que hacer variar por medio del conjunto de varillas la posición de los álabes móviles. La posición final de los álabes móviles dependerá de la presión de sobrealimentación, estando estos totalmente abiertos (mayor sección de paso de gases) cuando se alcancen los valores máximos de presión establecidos. Con este aumento de la sección de paso de los gases de escape va a disminuir la velocidad con la que van a incidir en el rotor de la turbina, obteniéndose velocidades de giro del compresor iguales o inferiores a las conseguidas con regímenes bajos.

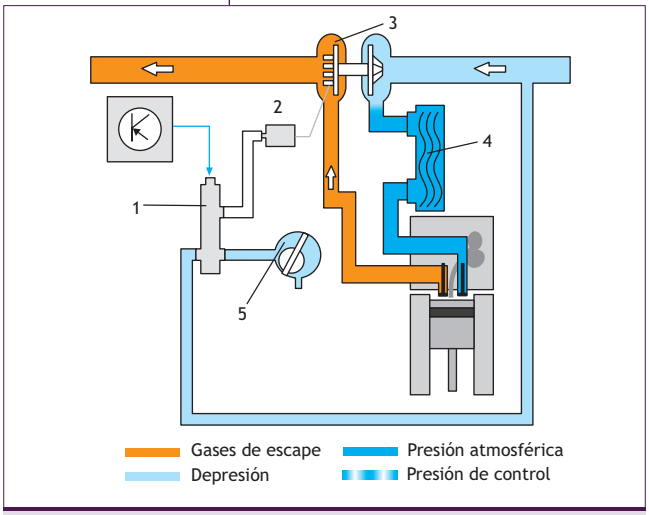


9.15. Funcionamiento de un turbo de geometría variable a altas revoluciones.

Electroválvula reguladora de presión de sobrealimentación

En los turbos de geometría variable la presión de sobrealimentación es regulada en función de un mapa de curvas características programadas en la unidad de control del motor, la cual excita correspondientemente la **válvula electromagnética** (1) para la limitación de la presión de sobrealimentación (figura 9.16).

La presión de control, con la que el depresor (2) **acciona las varillas que actúan sobre los álabes móviles** (3), se determina en función de la proporción de periodo de la señal. A través de los álabes móviles se influye sobre el caudal de los gases de escape que actúan contra la turbina. **La presión de control se constituye por una combinación de presión atmosférica y depresión**.



9.16. Esquema de la regulación de sobrealimentación de un turbo de geometría variable.

1 Electroválvula para la limitación de presión de sobrealimentación
2 Depresor para reglajes de álabes
3 Álabes
4 *Intercooler*
5 Bomba de vacío

Cuando el motor se encuentra en **bajas revoluciones,** la electroválvula de control es activada cuando recibe la señal de voltaje, cerrando el conducto que proviene de la admisión (presión atmosférica) y abriendo el de depresión (bomba de vacío), con lo que la membrana de la cápsula neumática es absorbida, actuando esta sobre el sistema de varillas y palancas desplazándolas hacia su izquierda (figura 9.17.A). En esta posición los álabes están dispuestos de forma que entre ellos exista la menor sección de paso que hace aumentar las revoluciones de giro de la turbina.

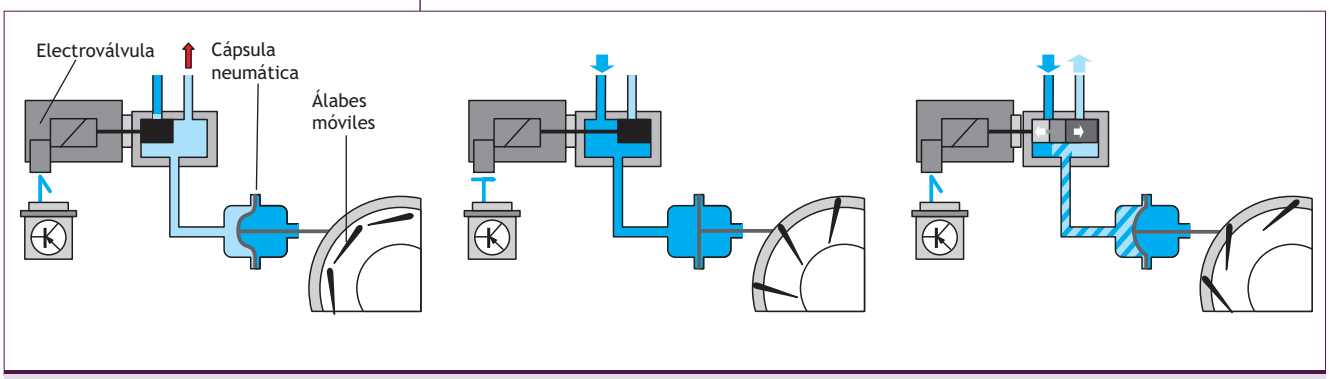
Cuando el motor está en **altas revoluciones** la unidad de control deja de activar la electroválvula y hace desplazar el émbolo de la misma hacia la derecha cerrando el conducto de depresión y abriendo el conducto de presión del colector de admisión. En esta situación la propia presión hace desplazar en sentido de compresión a la membrana de la cápsula, desplazando esta hacia la derecha el sistema de varillas y palancas. En esta posición se desplaza al conjunto de aletas móviles a la posición de mayor sección de paso (figura 9.17.B). Con esto se reduce la velocidad de los gases de escape que pasan por la turbina de escape y, como consecuencia, se minimiza la presión de sobrealimentación de la rueda compresora.

Existe una posición intermedia de la electroválvula en la cual se obtiene igualmente una posición equilibrada de sección de paso de los gases de escape entre los álabes móviles, correspondiendo esta situación a la de **carga parcial** del motor (figura 9.17.C).

A Bajas revoluciones

B Altas revoluciones

C Carga parcial



9.17. Estados de funcionamiento de la electroválvula para regulación de la presión de sobrealimentación.

Las ventajas del turbocompresor de geometría variable con respecto al turbocompresor convencional se pueden resumir en la siguiente tabla:

Ventajas
- Mantienen la presión de sobrealimentación casi constante en todos los regímenes de funcionamiento.
- Permiten conseguir un aumento de la potencia y del par entre un 10 y un 20%.
- Mejoran el consumo de combustible y disminuyen la contaminación al tener una combustión más completa en todos los regímenes.
- Consiguen una curva de potencia muy progresiva.
- Aumentan la velocidad de los gases de escape que llegan a la turbina a altos regímenes.
- Consiguen un mayor par motriz a bajos regímenes.
- Consiguen una mayor potencia máxima a altos regímenes.

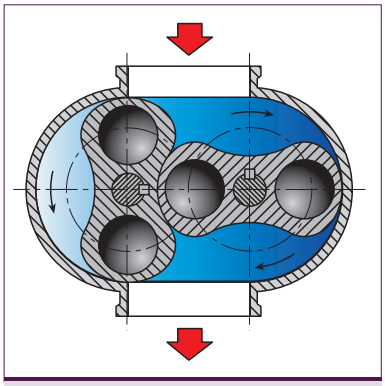
3 >> Compresor volumétrico

Los compresores volumétricos son accionados mediante el cigüeñal, normalmente por una correa dentada o engranajes, pudiendo conseguir de 10 000 a 15 000 rpm. Se caracterizan por hacer circular el aire a mayor velocidad de la que proporciona la presión atmosférica, creando una acumulación de aire en el colector de admisión y, consecuentemente, una sobrepresión en el mismo.

El compresor volumétrico más utilizado en el automóvil es el **compresor de lóbulos,** conocido también como de tipo ***roots***.

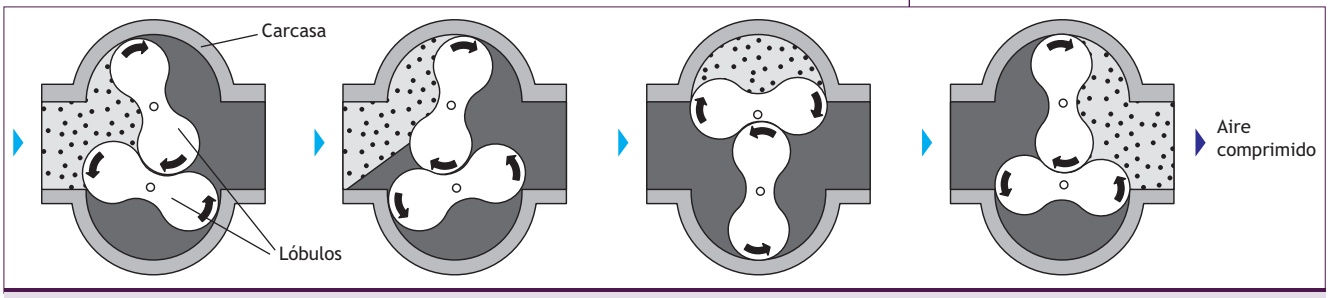
No disponen de válvula de descarga como en los turbocompresores, siendo la velocidad del motor la que limita la sobrealimentación.

Su principio de funcionamiento se basa en aspirar aire e introducirlo en una cámara que disminuye su volumen. Está compuesto por dos rotores (figura 9.18), cada uno de los álabes, con una forma de sección parecida a la de un ocho. Los rotores están conectados por dos ruedas dentadas y giran a la misma velocidad en sentido contrario, produciendo un efecto de bombeo y compresión del aire de forma conjunta.



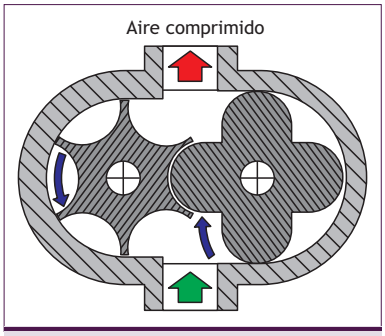
9.18. Estructura de un compresor *roots*.

Este compresor consigue impulsar el aire a mayor velocidad (figura 9.19). Además los rotores no están en contacto el uno con el otro, ni cada uno de ellos con las paredes de la carcasa, siendo baja la estanqueidad del sistema y, por tanto, dando lugar a pequeñas fugas del aire.



9.19. Funcionamiento de un compresor de tipo *roots*.

Con el fin de reducir los inconvenientes del compresor volumétrico de lóbulos se diseñó el denominado **compresor *lysholm*** (figura 9.20), formado por dos piezas helicoidales que giran engranadas entre sí. Aunque también es movido mediante correa por el cigüeñal, el rendimiento es algo superior al compresor *roots*, al disponer de un material que mejora el flujo de aire y que reduce su peso e inercia.

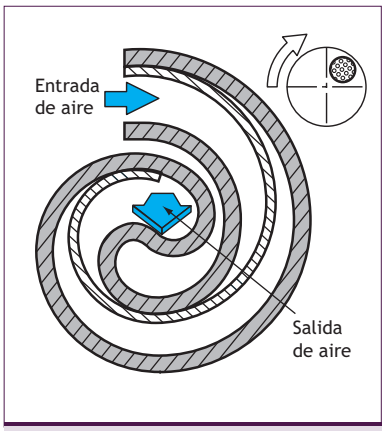


9.20. Compresor *lysholm*.

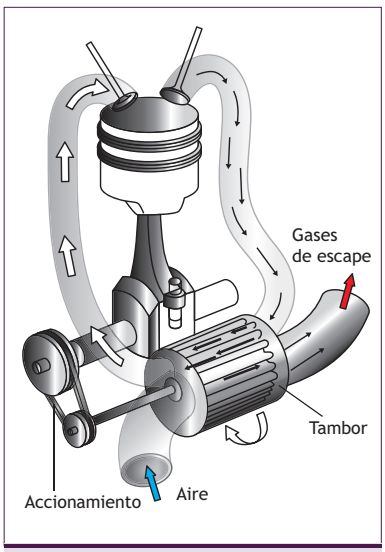
Por otra parte, otro tipo de compresor que actualmente está en desuso pero que la marca Volkswagen lo utilizó en varios de sus modelos fue el de **tipo G** (figura 9.21)**.** Este compresor se caracteriza por no tener elementos de compresión y sí disponer de un conducto en forma de caracol que provoca un movimiento oscilante de dos piezas que forman un canal helicoidal. Una de las piezas es fija, mientras que la otra describe un movimiento circular (no rotativo) mediante una excéntrica. El movimiento de la parte móvil va reduciendo el volumen del canal espiral de manera que se

Turbo comprex

Este turbo ha sido el más utilizado por la marca de vehículos Mercedes, bajo la denominación compresor.



9.21. Compresor de Tipo G.



9.22. Compresor comprex.

fuerza al aire a salir por un extremo a mayor velocidad y presión. Los grandes inconvenientes de este sistema son sus problemas de lubricación y estanqueidad.

De forma resumida, se detallan las ventajas e inconvenientes más importantes de los compresores volumétricos:

Ventajas
- Sobrealimentación racional y equilibrada en cualquiera de los regímenes de giro del motor. - Se ponen en marcha en el mismo instante de arranque del motor. Además aumentan y disminuyen de régimen al igual que lo hace el motor. - Respuesta inmediata a la demanda del acelerador. No tiene efecto de retardo.

Inconvenientes
- Restan potencia al motor al ser accionados mecánicamente por el cigüeñal. Se cifra la pérdida en un 10% de la suministrada por el motor. - Bajo rendimiento según se aumenta la presión. - Son de gran tamaño dificultando su instalación en el motor.

4 >> Compresor comprex

Este tipo de compresores recibe el nombre de comprex por la forma de realizar la técnica de funcionamiento **cambiador de la onda de presión**. Se empezaron a implantar en los vehículos para mejorar las características del turbocompresor en bajas revoluciones del motor.

El principio de funcionamiento de estos tipos de compresores se basa en transmitir por contacto directo al aire del colector de admisión los residuos de energía de presión contenidos en los gases de escape por medio de las finas paredes radiales de un tambor que recibe movimiento del cigüeñal del motor (figura 9.22). En este caso, la absorción de potencia del motor es mínima ya que el accionamiento tiene como único objetivo mantener al rotor en movimiento giratorio. La función de compresión la siguen realizando de forma exclusiva los gases de escape.

Su régimen de funcionamiento máximo está en torno a los 15 000 o 20 000 rpm, produciéndose a partir de aquí un descenso notable de su rendimiento.

A continuación, se detallan las ventajas e inconvenientes de este tipo de compresor:

Ventajas	Inconvenientes
- No consume energía en su accionamiento. - Respuesta inmediata al acelerador. - Incremento notable del par desde bajas vueltas.	- Gran tamaño del equipo. - Produce mucho ruido. - Mala localización por la necesidad de accionamiento mediante el motor. - Mala aplicación a motores de gasolina por un límite de giro muy pequeño. - No tiene posibilidad de alejar los gases de escape de la admisión; excesiva proximidad entre los mismos.

5 >> Sistemas biturbo

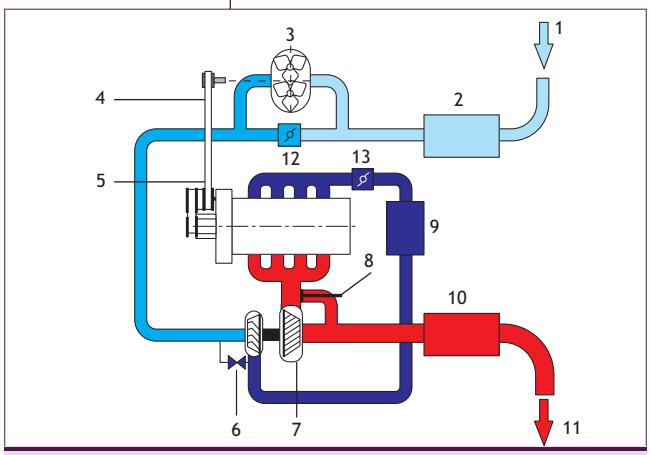
Los sistemas biturbo son montajes de dos turbos en vehículos de elevadas prestaciones. Son sistemas avanzados de gasolina biturbo que cuentan con dos turbos en línea, uno compuesto por un turbo centrífugo y otro por un compresor arrastrado por el motor.

La combinación de los turbos y su fase de trabajo está condicionada al par solicitado en cada momento. Con esta información la unidad controla:

- Trabajo del compresor, acoplando o no el mismo.
- Mariposa by-pass.
- Válvula de control de presión del turbo centrífugo.

Los tres elementos específicos del sistema son (figura 9.23):

- El **turbo centrífugo,** que funciona por acción de los gases de escape. Es de geometría fija y su válvula de descarga es accionada de forma neumática.
- El **compresor de lóbulos o *roots*,** que funciona arrastrado por una correa desde el cigüeñal. Este permite aportar un volumen de aire extra cuando el régimen del motor es bajo, ya que el volumen es forzado por su propio mecanismo. Su activación depende de la unidad de control que, en función de las necesidades, aplicará o no una tensión al electroembrague del compresor.
- La **mariposa by-pass,** que es conmutada para desviar el flujo de aire en función de las necesidades. Es decir, conmutará el aire para que este proceda directamente del exterior o bien a través del compresor.

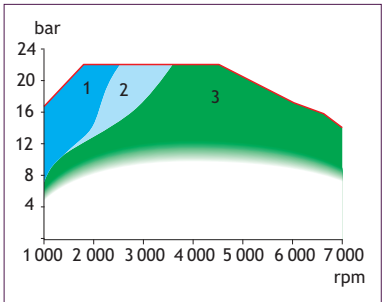


1 Aire fresco
2 Filtro de aire
3 Compresor
4 Correa del compresor
5 Embrague magnético
6 Válvula de recirculación
7 Turbocompresor
8 Válvula de descarga
9 *Intercooler*
10 Catalizador
11 Escape
12 Mariposa by-pass
13 Mariposa de admisión

9.23. Sistema biturbo.

El sistema puede funcionar en los siguientes modos:

- **Funcionamiento sin carga.** Ocurre cuando el motor gira a un régimen bajo sin petición de carga; entonces la unidad desactiva el mando del acoplamiento del compresor, provocando que este no gire y, por tanto, que no haya pérdidas por arrastre. La mariposa de by-pass se encuentra abierta, permitiendo el paso de aire a presión atmosférica sin pasar por el compresor.
- **Petición de carga con régimen bajo-medio.** En este estado la unidad de control activa el electroembrague del compresor, de forma que este se acopla y gira. Esto provoca un aumento del volumen de aire que permite aumentar rápidamente el rendimiento del motor. La mariposa de by-pass está cerrada permitiendo el paso del aire a través del compresor. Una vez adquiridas las condiciones de trabajo necesarias, entra en juego el efecto de trabajo del turbo centrífugo, permitiendo aportar el volumen solicitado a un régimen mayor.
- **Petición de carga con régimen medio-alto.** Aquí, si la velocidad del turbo centrífugo es suficiente, la unidad de control no activará el compresor, pero en caso necesario sí lo activará. Además, la válvula by-pass se encuentra abierta no permitiendo el paso del aire por el compresor. Si la unidad activa al compresor al mismo tiempo modula la señal sobre la mariposa.



1 Compresor en continuo
2 Compresor en modo no regulado
3 Turbo en continuo
4 Modo atmosférico

9.24. Fases de trabajo de un sistema biturbo. Presión media efectiva en función de las revoluciones del motor.

En la figura 9.24 se ven representadas las fases de trabajo en función del régimen del motor y la presión media efectiva, indicando el funcionamiento solo como turbo o con la ayuda del compresor.

Técnica

Mantenimiento del turbo

•• Debido a las altas solicitaciones térmicas y mecánicas a las que está sometido un turbo es imprescindible realizar una serie de actuaciones en el motor para evitar averías en el sobrealimentador.

Estas se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Evitar arranques en frío bruscos, ya que la presión de aceite de funcionamiento normal tarda en alcanzarse un breve espacio de tiempo.
- Después de largos recorridos, dejar en ralentí el vehículo durante aproximadamente 2 minutos, para disminuir la temperatura del turbo.
- Reducir la carga del vehículo momentos previos a la parada del mismo con objeto de refrigerar los puntos más calientes.
- Sustituir el aceite y filtro en los tiempos establecidos por el fabricante para evitar la formación y acumulación de residuos en el aceite. Se recomienda la utilización de aceites sintéticos que mejoran la refrigeración y lubricación.
- Cualquier manipulación sobre el sobrealimentador debe ser producida por personal cualificado.

Aún siguiendo las normas generales de mantenimiento de un vehículo para la conservación del turbo, se pueden dar en el propio componente las siguientes averías más usuales:

- Problemas relacionados con la lubricación por falta de la misma, desgaste de tipo axial, etc.
- Entrada de cuerpos extraños en su interior, arrastrados por el aceite.
- Temperaturas de funcionamiento extremas.

Casos prácticos

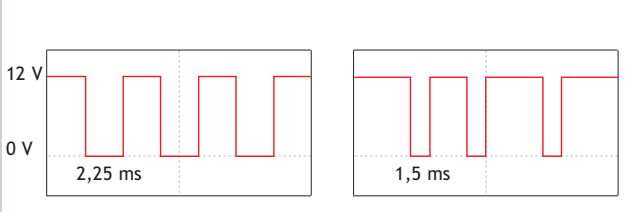
Verificación de la electroválvula de control de la presión de sobrealimentación

•• Realiza las comprobaciones necesarias para verificar el correcto funcionamiento de la electroválvula de control de la presión de sobrealimentación.

Solución •• Para hacer esta comprobación puedes utilizar los siguientes aparatos:

- Polímetro. Se comprueba su resistencia conectando el ohmnímetro a los terminales correspondientes del módulo o a los del actuador. Verifica que la lectura está comprendida entre los valores especificados en la ficha de diagnóstico.
- Osciloscopio. Debes obtener una señal cuadrada (figura 9.25) en ralentí con un tiempo aproximado de activación, por ejemplo de 2,25 ms en un motor TDI de 110 CV. Si aparece esta señal, es indicativo de que el módulo trabaja y la bobina está correcta.

Al acelerar, la base de tiempo varía hacia aproximadamente 1,5 ms en función de la carga.



9.25. Señales de mando de una electroválvula de control de la presión de sobrealimentación en ralentí y acelerado.

Actividades finales

.: CONSOLIDACIÓN :.

1·· ¿Cuál es el objetivo de la sobrealimentación de los motores?

2·· Haz una clasificación de los sistemas de sobrealimentación y explícalos brevemente.

3·· ¿Qué es y qué misión cumple la válvula de descarga *wastegate*?

4·· ¿Qué dos principales objetivos cumple el aceite de engrase que circula por el turbocompresor?

5·· ¿Cómo se produce la regulación de la sobrealimentación por accionamiento neumático en un turbo de geometría fija?

6·· Indica las temperaturas aproximadas que se producen en la turbina y compresor de un turbo.

7·· ¿Para qué sirve un intercambiador de calor en un sistema de sobrealimentación?

8·· ¿Cuáles son los inconvenientes de un turbo de geometría fija?

9·· ¿Qué objetivos principales se obtienen con un turbo de geometría variable?

10·· ¿Cuál es el principio de funcionamiento de un turbo de geometría variable?

11·· ¿Qué efecto tiene la presión de control en circuito de sobrealimentación con turbo de geometría variable?

12·· ¿Qué ventajas ofrece un turbo de geometría variable?

13·· ¿En qué basa su funcionamiento un turbo volumétrico de tipo *roots*?

14·· ¿Cuáles son las ventajas de un compresor volumétrico?

15·· Cita el mantenimiento básico que se debe realizar sobre un turbo.

16·· ¿Cuáles son los modos de funcionamiento en los que puede trabajar un sistema biturbo?

.: APLICACIÓN :.

1·· Identifica los componentes principales de un circuito de sobrealimentación en un motor con accionamiento mecánico de los elementos y en otro con accionamiento eléctrico.

2·· Lleva a cabo el desmontaje, comprobación y montaje de un turbo de geometría fija y otro de geometría variable.

3·· Comprueba el funcionamiento correcto de una válvula *wastegate* controlada por accionamiento neumático.

4·· Comprueba el correcto funcionamiento de una electroválvula de limitación de la presión de sobrealimentación.

5·· Comprueba la presión de engrase en la zona del turbo con el motor en frío y en caliente.

Caso final

Fallo de la regulación de sobrealimentación

•• Un motor 1.9 TDI sufre una pérdida constante de potencia que se manifiesta en gran medida cuando el motor va a plena carga.

Solución •• En un sistema de sobrealimentación gobernado por la unidad de control de motor, la centralita EDC (*Electronic Diesel Control*) va grabando todas las fases de funcionamiento del motor. Se puede dar el caso de que la unidad de control desactive el sistema de regulación de la presión de sobrealimentación, con la consiguiente pérdida de par y de potencia del motor.

Recuerda que la unidad de control regula la presión de alimentación en función de las señales que recibe de los siguientes captadores:

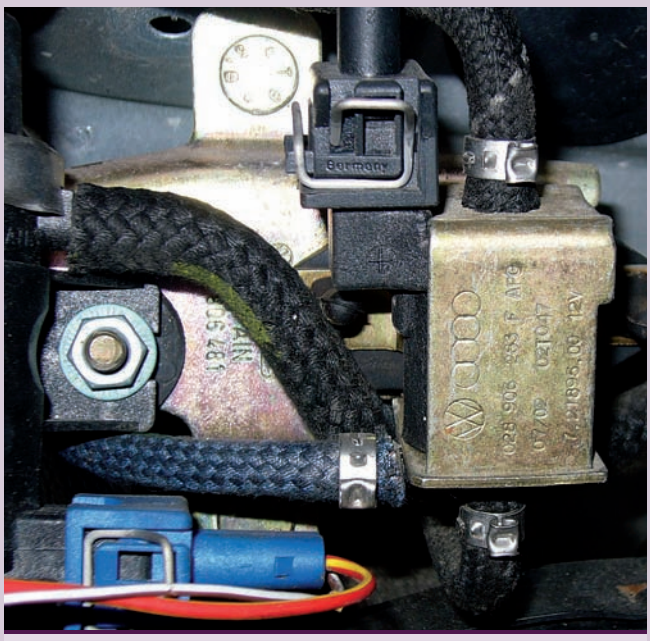
- Revoluciones del motor.
- Temperatura del aire aspirado.
- Presión en el colector de admisión.
- Posición del pedal del acelerador.
- Transmisor altimétrico.

Una vez analizadas las señales de los anteriores sensores, determina la presión de sobrealimentación que se necesita y activa en su justa medida la electroválvula de limitación de la presión de sobrealimentación. La centralita va a comparar el valor del sensor de presión en el colector de admisión con el valor nominal calculado.

En caso de no corresponder ambos datos, se produce un fallo de regulación de la presión de sobrealimentación que queda grabado en la unidad de control y que tiene como consecuencia la desactivación de la regulación de la sobrealimentación, con la consiguiente pérdida de par y de potencia.

Los posibles fallos pueden deberse a los elementos que componen el circuito de sobrealimentación y sobre los que vas a realizar las pertinentes pruebas:

- **Tubos de vacío.** Verifica que los tubos flexibles guardan una total estanqueidad y que no se encuentran deshilachados o deformados (figura 9.26).
- **Control de fugas entre partes mecánicas.** Comprueba que no hay pérdidas en la junta entre motor y turbocompresor.
- **Válvula de descarga, *wastegate*.** Verifica que el muelle cierra en su totalidad y que al introducir presión en la cámara superior la membrana abre la válvula a la presión preestablecida por el fabricante, modulando la membrana en función de la presión ejercida sobre ella.



9.26. Comprobación de los tubos flexibles de la electroválvula.

Control de la presión del turbo

Sigue los siguientes pasos para verificar la presión del turbo:

- Desconecta el tubo de presión que va desde la válvula de descarga al colector de admisión e intercala un manómetro de presión.
- Lleva al motor a su temperatura de funcionamiento.
- Consigue el máximo régimen de giro del motor en vacío y comprueba en el manómetro que se alcanza la presión prescrita por el fabricante.

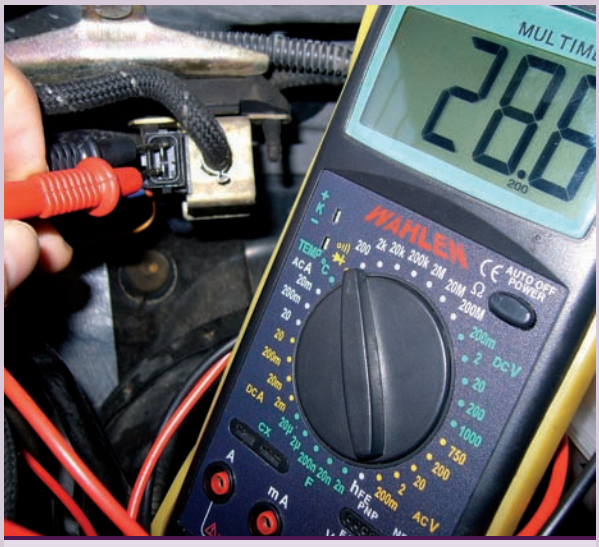
Comprobación de la electroválvula reguladora de vacío

Para verificar que la bomba o depresor genera vacío sitúa un vacuómetro a la salida de la bomba y comprueba con el vehículo en marcha que a medida que aumenta el vacío aumenta proporcionalmente la tensión de alimentación de la electroválvula.

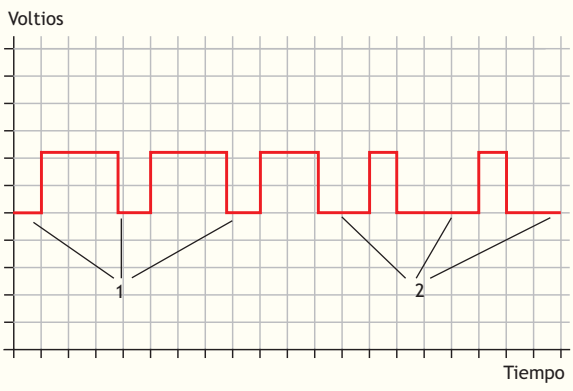
Comprobación de la electroválvula reguladora de presión

Son cuatro las comprobaciones que debes realizar sobre esta electroválvula:

- Comprueba que le llega alimentación desde la unidad de control, siendo el valor obtenido de 12 V aproximadamente. Para realizar esta prueba el relé de control de motor debe estar montado y funcionando correctamente.
- Comprueba que la resistencia de la válvula esté entre los 25 y 45 Ω aproximadamente (en algunas electroválvulas la resistencia varía entre 14 y 20 Ω) (figura 9.27).
- Con la ayuda de dos manómetros, comprueba que la presión entre la válvula *wastegate* y la electroválvula es menor que la obtenida entre el colector de admisión y la entrada de la electroválvula cuando esta está activada.
- Con el vehículo en marcha, comprueba que el porcentaje dwell es creciente sobre un oscilograma con el aumento de presión en el colector de admisión (figura 9.28). La señal cuadrada obtenida es pulsatoria de frecuencia fija y con relación de fase variable. Es decir, cuanto mayor es el tiempo de puesta a masa de la electroválvula (porcentaje dwell), mayor presión de soplado existe.



9.27. Comprobación de la resistencia de la electroválvula.

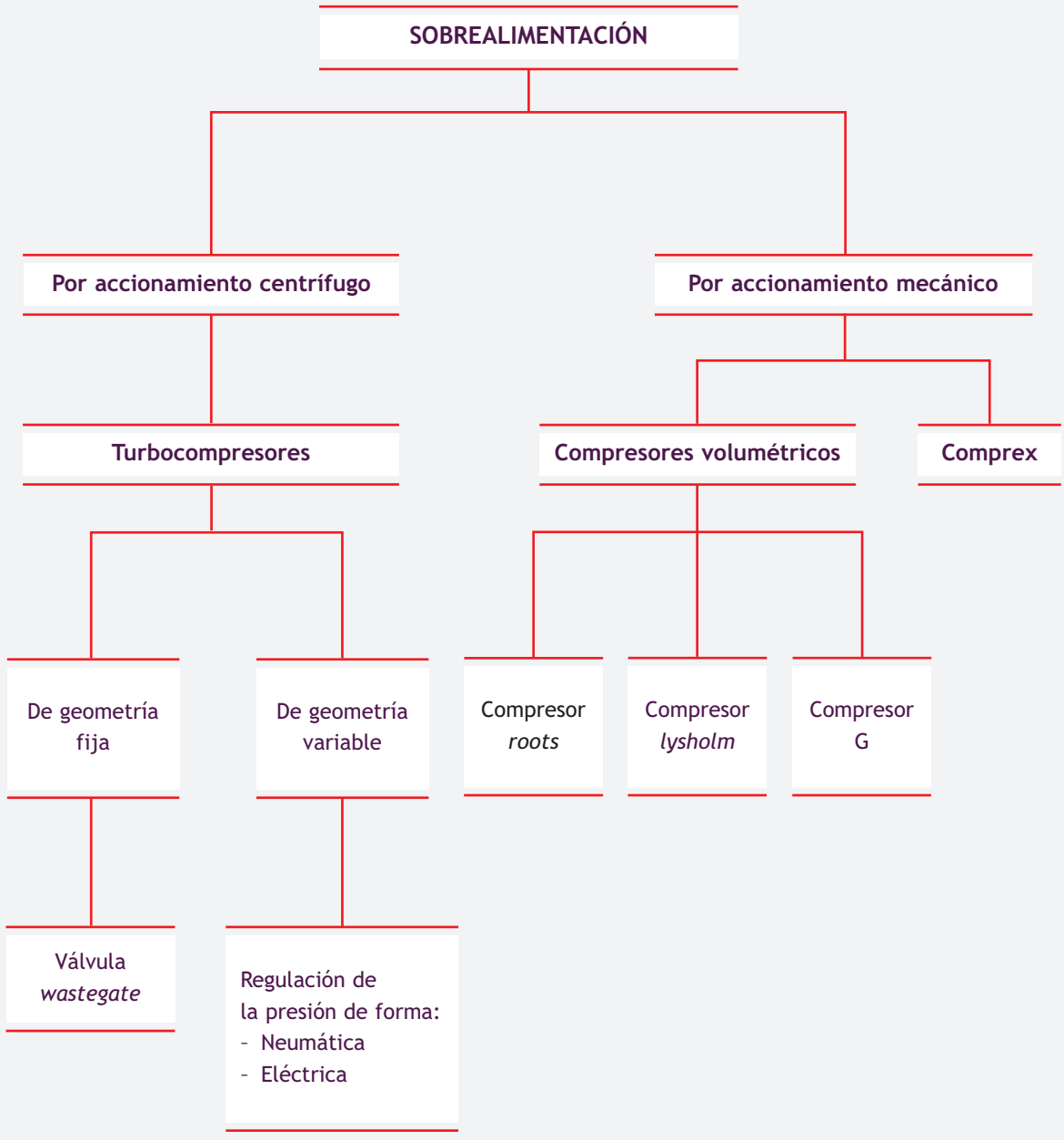


1 % dwell reducido. Baja tensión de soplado

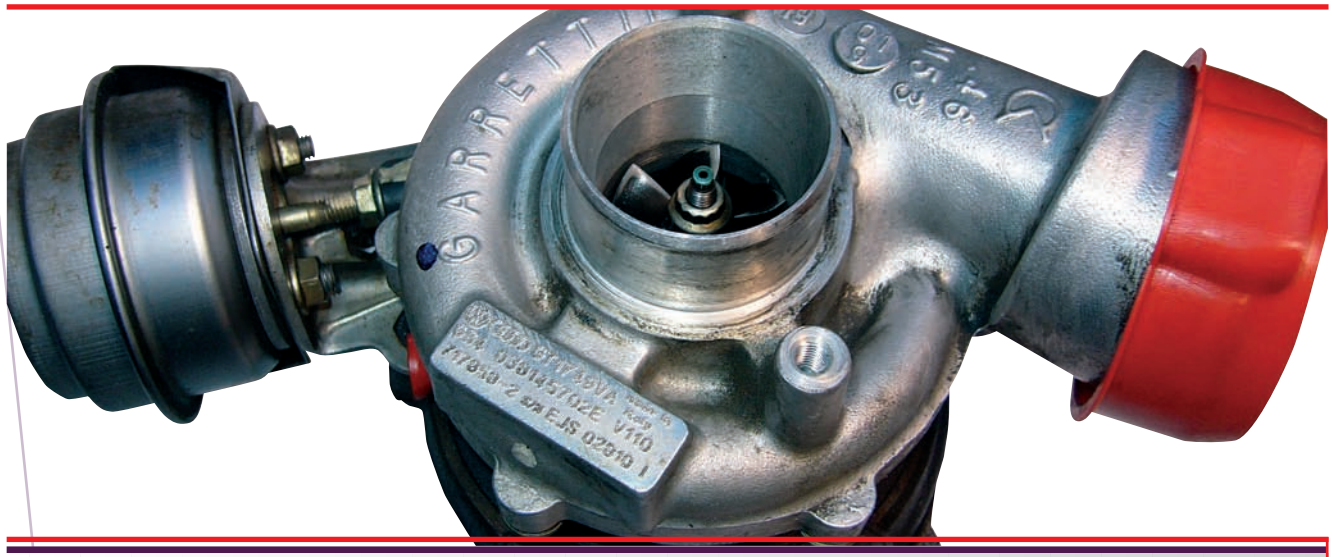
2 % dwell elevado. Alta presión de soplado

9.28. Oscilograma de señal de mando de la electroválvula de control de sobrealimentación.

Ideas clave


SOBREALIMENTACIÓN
Por accionamiento centrífugo
Por accionamiento mecánico
Turbocompresores
Compresores volumétricos
Comprex
De geometría fija
De geometría variable
Compresor *roots*
Compresor *lysholm*
Compresor G
Válvula *wastegate*
Regulación de la presión de forma:
- Neumática
- Eléctrica

SOBREALIMENTACIÓN DE MOTORES



En la sobrealimentación de motores, cuanto mayor sea la eficiencia adiabática, mejor será, en principio, el rendimiento final del sistema.

Partiendo de la propia función de los sistemas de sobrealimentación, todos ellos son compresores, puesto que están destinados a comprimir el aire. Ahora bien, solo se suelen denominar compresores a aquellos sistemas que, mediante elementos mecánicos, toman la fuerza del propio motor –habitualmente del cigüeñal– para realizar su trabajo. Técnicamente se denominan también compresores volumétricos y, debido a su conexión con el motor, también se conocen como compresores mecánicos. Mientras, los compresores centrífugos generan su fuerza, por norma general, gracias a los gases de escape; son los habitualmente denominados turbo.

La evolución de los sistemas de sobrealimentación solo ha sido posible gracias a la mejora en los materiales. Más importante resulta este aspecto en el caso de los turbo. Y es que los compresores, al girar con el cigüeñal, tienen un régimen de funcionamiento muy inferior al de los turbo. Estos últimos pueden llegar a regímenes de giro superiores a las 130 000 revoluciones por minuto, alcanzando unas temperaturas de funcionamiento que, incluso hoy, llegan a poner al rojo vivo algunos de sus componentes. De hecho, uno de los cuidados requerido por los turbo es el de evitar apagar el motor justo después de haber exprimido su potencial. Esto se debe a que, por las altas temperaturas alcanzadas, el aceite que lubrica el eje de la turbina puede deteriorarse si no se le da un tiempo de recuperación. Las últimas realizaciones son menos delicadas en este sentido también por la mejora de los lubricantes y por soluciones como, por ejemplo, la lubricación de dicho eje.

Tanto los turbo como los compresores mecánicos tienen defensores y detractores. El turbo-lag y la poca eficacia del turbo a pocas revoluciones venía a estar entre sus características negativas, mientras que la menor capacidad para aumentar la potencia final así como su mayor complejidad técnica suponen las pegas más habituales para los compresores. Hoy, con la incorporación de sistemas electrónicos capaces de gestionar los turbo de geometría variable dependiendo de las revoluciones e, incluso, con la existencia de los turbo trabajando en paralelo, las pegas de este sistema se han minimizado mucho, habiendo alcanzado una difusión mucho mayor que cualquier otro sistema de sobrealimentación.

Fuente: www.periodistamotor.com
29/07/2007

Apéndice: relación de figuras

1 > Conceptos básicos de encendido: encendido convencional

1.1. Imanes.
1.2. Sentido de las líneas de fuerza.
1.3. Líneas de campo magnético producidas en el interior de una bobina.
1.4. Polaridades en el solenoide.
1.5. Inversión de polaridades magnéticas.
1.6. Variación de flujo magnético.
1.7. Autoinducción e inducción mutua.
1.8. Fenómeno de inducción eléctrica.
1.9. Encendido electromecánico convencional.
1.10. Batería.
1.11. Bobina de encendido.
1.12. Estructura interna de la bobina.
1.13. Diseño eléctrico de una bobina.
1.14. Principio de funcionamiento del transformador.
1.15. Resistencia primario.
1.16. Resistencia secundario
1.17. Aislamiento a masa primario.
1.18. Aislamiento a masa secundario.
1.19. Distribuidor.
1.20. Despiece del distribuidor.
1.21. Rotor y tapa del distribuidor.
1.22. Conjunto ruptor y placa portarruptor.
1.23. Contactos del ruptor.
1.24. Levas para motor de 4 y 6 cilindros.
1.25. Ángulo dwell.
1.26. Contacto cerrado (a), abierto con patín normal (b) y abierto con patín desgastado (c).
1.27. Circuito de encendido.
1.28. Carga corriente primaria.
1.29. Descarga corriente primaria.
1.30. Tramo de cierre secundario.
1.31. Tramo cierre primario.
1.32. Oscilograma tensión encendido secundario.
1.33. Oscilograma tensión de encendido primario.
1.34 Chispa de encendido en secundario.
1.35. Amortiguaciones oscilantes en primario y secundario.
1.36. Oscilograma conjunto de primario y secundario.
1.37. Tensión disponible en la bobina.
1.38. Tensiones de encendido elevadas.
1.39. Tensiones de encendido inferiores.
1.40. Circuito condensador.
1.41. Condensador.
1.42. Posición de avance en el cigüeñal y desarrollo de la presión en la cámara de combustión con diferentes avances de encendido.
1.43. Regulador de avance centrífugo.
1.44. Gráfico de avance centrífugo.
1.45. Avance por vacío con sistemas de regulación por avance y retardo.
1.46. Gráfico de avance por vacío.
1.47. Tipos de cables de bujías.
1.48. Comprobación del cable.
1.49. Despiece de una bujía.
1.50. Desarrollo normal de la combustión
1.51. Curva de presión en un cilindro con detonación.
1.52. Detonación.
1.53. Autoencendido.
1.54. Chispa al aire y chispa deslizante.
1.55. Clasificación de las bujías en función de su rango térmico.
1.56. Rango térmico de la bujía. Fuente NGK.
1.57. Bujía estándar. Fuente NGK.
1.58. Bujía de iridio. Fuente NGK.
1.59. Bujía con galga auxiliar.
1.60. Bujía de descarga semisuperficial.
1.61. Bujía de cuatro electrodos. Fuente NGK.
1.62. Ajuste de calibración.
1.63. Montaje de las bujías.
1.64. Apriete de la bujía.
1.65. Marcas de las poleas y lámpara estroboscópica.
1.66. Puesta a punto al encendido con lámpara estroboscópica.
1.67. Circuito eléctrico de encendido convencional.
1.68. Comprobación del pulmón de vacío.
1.69. Verificación de la separación de los contactos del ruptor.
1.70. Comprobación de marcas de referencia.

2 > Encendidos transistorizados. Evolución de los encendidos

2.1. Esquema de un encendido transistorizado con contactos.
2.2. Oscilograma del impulso de mando de un encendido transistorizado por contactos.
2.3. Oscilograma de circuito secundario y primario de un encendido transistorizado con contactos.
2.4. Esquema de un encendido electrónico transistorizado sin contactos.
2.5. Estator.
2.6. Estructura interna del distribuidor con generador de impulsos de inducción.
2.7. Distribuidor de encendido con generador de impulsos de inducción.
2.8. Ubicación del generador de impulsos de inducción sobre distribuidor.
2.9. Bloque electrónico TSZ-I.
2.10. Generador inductivo de un solo diente magnético.
2.11. Esquema y señal de un generador de impulsos inductivo con diente magnético.
2.12. Generador de impulsos de inducción.
2.13. Tensión alterna producida en el tiempo a la salida del generador de inducción.
2.14. Símbolo de un generador inductivo.
2.15. Esquema eléctrico de conexionado del encendido transistorizado con generador inductivo.
2.16. Esquema de procesos de un encendido TSZ-I.
2.17. Variación del ángulo de cierre por desplazamiento del nivel del disparador en un encendido con generador inductivo.
2.18. Comprobación de la resistencia del generador inductivo y señal de un generador inductivo.
2.19. Señal de tensión del generador inductivo.
2.20. Conjunto hall.
2.21. Despiece del distribuidor de encendido con generador hall.
2.22. Efecto hall de los semiconductores.
2.23. Barrera magnética y curva de tensión de un generador hall.
2.24. Diagrama de impulsos del encendido con generador por efecto hall.
2.25. Símbolo del generador de impulsos hall.
2.26. Esquema eléctrico de conexionado del encendido transistorizado con generador de impulsos de efecto hall.
2.27. Variación del ángulo de cierre por desplazamiento del nivel del disparador, caso del generador hall.
2.28. Gráfica comparativa de tensión entre diferentes tipos de encendido.
2.29. Medida de la tensión de alimentación del generador hall.
2.30. Oscilograma del impulso de mando de un generador hall.
2.31. Oscilograma del impulso de mando de un generador hall en vehículos modernos.
2.32. Esquema de un sistema de encendido electrónico integral.
2.33. Comparación de la cartografía del ángulo de encendido.
2.34. Aspecto exterior de un captador inductivo.
2.35. Efecto producido por un captador inductivo.

2.36. Situación del sensor de rpm y señal eléctrica que genera.
2.37. Esquema de captador de depresión y montaje sobre el conjunto de encendido.
2.38. Transmisor de temperatura del líquido refrigerante.
2.39. Esquema de bloques de una unidad de control de encendido.
2.40. Situación del sensor de picado en el bloque.
2.41. Aspecto exterior.
2.42. Señal de un sensor de picado.
2.43. Esquema de un sistema de encendido estático (DIS).
2.44. Mapa tridimensional con valores de ángulos de encendido.
2.45. Bobina de encendido doble.
2.46. Detalle del salto de chispas en un encendido DIS estático.
2.47. Esquema de un encendido DIS estático.
2.48. Bobina coilrail de cuatro salidas con transistores incorporados para los sistemas de chispa perdida.
2.49. Control de las resistencias primaria y secundaria.
2.50. Sistema de encendido directo.
2.51. Bobina de encendido individual.
2.52. Sección de una bobina individual.
2.53. Sistema DIS con bobinas individuales en un motor de 6 cilindros en V.
2.54. Bobina para dos cilindros.
2.55. Sistema DIS con una bobina cada 2 cilindros en un motor de 6 cilindros en V.

3 > Sistemas de inyección de gasolina I: mecánica y electromecánica

3.1. Sistemas de inyección monopunto y multipunto.
3.2. Tipos de inyección intermitente.
3.3. Funcionamiento de la inyección mecánica.
3.4. Bomba.
3.5. Electrobomba de combustible y proceso de bombeo.
3.6. Acumulador de presión de combustible.
3.7. Acumulador de combustible, vacío (A) y lleno (B).
3.8. Filtro de combustible.
3.9. Esquema del filtro de combustible.
3.10. Regulador de presión del distribuidor-dosificador.
3.11. Válvula de inyección.
3.12. Pulverización de un inyector mecánico.
3.13. Medidor de caudal de aire de corriente ascendente.
3.14. Comprobación del desplazamiento de la placa del sensor.
3.15. Posición de la placa del sensor.
3.16. Reglaje de la placa del sensor.
3.17. Las lumbreras de control miden aproximadamente 0,2 mm de ancho.
3.18. Aspecto exterior del distribuidor-dosificador.
3.19. Cámara cilíndrica de lumbreras y estrangulador de mando.
3.20. Distribuidor-dosificador con válvulas de presión diferencial.
3.21. Cámara cilíndrica de lumbreras con émbolo de mando.
3.22. Presión del sistema y presión de control.
3.23. Distribuidor-dosificador con válvulas de presión diferencial.
3.24. Diferentes posiciones de las válvulas de presión diferencial.
3.25. Formación de la mezcla.
3.26. Inyector de arranque en frío.
3.27. Válvula de arranque en frío.
3.28. Comprobación de la resistencia del inyector de arranque en frío.
3.29. Interruptor térmico temporizado.
3.30. Esquema del interruptor.
3.31. Curva accionamiento del interruptor en función de la temperatura.
3.32. Circuito de arranque en frío.
3.33. Comprobación de resistencias en el interruptor térmico temporizado.
3.34. Elementos de la fase de calentamiento del sistema K-Jetronic.
3.35. Aspecto de la válvula de aire adicional.
3.36. Válvula de aire adicional.
3.37. Esquema eléctrico de conexión a la válvula de aire adicional.
3.38. Comprobación de la resistencia de la válvula de aire adicional.
3.39. Control de movimiento de diafragmas.
3.40. Regulador de la fase de calentamiento sin toma de aire.
3.41. Regulador de la fase de calentamiento.
3.42. Dependencia de la presión de control de la carga del motor.
3.43. Regulador de la fase de calentamiento con dispositivo de plena carga.
3.44. Medida de la resistencia del regulador de la fase de calentamiento.
3.45. Verificación de la presión del sistema.
3.46. Juego de racores.
3.47. Regulación del régimen de ralentí, actuando sobre un tornillo by-pass. de aire de la mariposa.
3.48. Regulador del valor de CO actuando sobre el tornillo de riqueza.
3.49. Comprobación de centrado del plato-sonda.
3.50. Sistema de inyección KE-Jetronic.
3.51. Válvulas de inyección con aire envolvente.
3.52. Regulador de presión.
3.53. Regulador de presión del sistema de combustible.
3.54. Estados de presión en el regulador.
3.55. Esquema de potenciómetro de plato-sonda.
3.56. Esquema sinóptico de conexiones de la unidad de control KE-Jetronic con técnica analógica.
3.57. Interruptor de mariposa.
3.58. Esquema del interruptor de mariposa.
3.59. Sonda térmica NTC y curva característica.
3.60. Medida de resistencia de la NTC.
3.61. Actuador rotativo.
3.62. Actuador rotativo de ralentí.
3.63. Actuador electrohidráulico de presión en el distribuidor-dosificador.
3.64. Sección del actuador electrohidráulico de presión.
3.65. Diferentes posiciones de la placa rebote del actuador electrohidráuli co de presión.
3.66. Tapón de obturación del distribuidor-dosificador.
3.67. Esquema del relé taquimétrico.
3.68. Montaje del conjunto del manómetro.
3.69. Medida del caudal de rebose.

4 > Sistemas de inyección de gasolina II: electrónicos

4.1 Esquema del sistema L-Jetronic.
4.2. Circuito de alimentación de combustible.
4.3. Ubicación de inyectores y regulador de presión sobre la rampa de inyección.
4.4. Regulador de presión.
4.5. Montaje del regulador de presión en el circuito de alimentación.
4.6. Inyector.
4.7. Ubicación del inyector en el colector de admisión.
4.8. Partes de un inyector.
4.9. Alimentación de los inyectores.
4.10. Equipo de comprobación de la velocidad de alimentación y limpieza de inyectores.
4.11. Comprobación de la resistencia del inyector.
4.12. Señales de mando de un inyector convencional y de un inyector modulado en anchura de impulsos.
4.13. Señal de los inyectores en un sistema de inyección secuencial.
4.14. Ubicación del caudalímetro de aire en el sistema L-Jetronic.
4.15. Situación del caudalímetro en el colector de admisión.
4.16. Esquema interno de un caudalímetro.
4.17. Ubicación del sensor de temperatura en el caudalímetro.
4.18. Señal de un sensor de temperatura del aire.
4.19. Parte superior interna del caudalímetro.
4.20. Esquema eléctrico del potenciómetro.
4.21. Comprobaciones básicas de un caudalímetro.
4.22. Comprobación de la tensión y resistencia del potenciómetro de CO.
4.23. Regulación del CO.
4.24. Despiece completo del medidor de masa por hilo caliente.
4.25. Estructura del conductor de masa de aire por hilo caliente.
4.26. Esquema eléctrico del medidor de masa de aire por hilo caliente.
4.27. Caudalímetro de película caliente.
4.28. Enriquecimiento en el arranque con el control de arranque.
4.29. Enriquecimiento en el arranque mediante válvula de arranque en frío.
4.30. Evolución del enriquecimiento en la fase de calentamiento.
4.31. Ubicación de la válvula de aire adicional en el circuito de aspiración.
4.32. Sistema de control L-Jetronic.
4.33. Sistema de inyección Motronic.
4.34. Amortiguador de vibraciones.
4.35. Unidad de control.
4.36. Ubicación del actuador rotativo de ralentí en el sistema Motronic.
4.37. Comprobación de la presión en la rampa de inyección.
4.38. Comprobación del regulador de presión.
4.39. Ubicación de los captadores de régimen y posición angular.
4.40. Señal de régimen motor de tipo inductivo sin hueco en el volante de inercia.
4.41. Señal de revoluciones y posición con un captador y corona dentada.
4.42. Señal armónica de un captador de revoluciones y posición angular.
4.43. Sensor de revoluciones y posición angular de tipo hall.
4.44. Tipos de señales de un sensor de revoluciones y posición angular tipo hall.
4.45. Sensor óptico de régimen y posición angular.
4.46. Potenciómetro de una mariposa de una sola pista.
4.47. Señal ascendente de un potenciómetro de mariposa.
4.48. Señal descendente de un potenciómetro de mariposa.
4.49. Potenciómetro de doble pista instalado en el cuerpo de mariposa motorizada.
4.50. Señal de un potenciómetro doble de señales inversas.
4.51. Señal de un potenciómetro sencillo.

4.52. Medidor de masa de aire de película caliente.
4.53. Elementos que forman el medidor de masa de aire.
4.54. Resistencia de medición en caudalímetros de lámina caliente.
4.55. Ejemplo de medida de resistencia con variación de temperatura.
4.56. Comprobación de la resistencia PTC y alimentación.
4.57. Comprobación de la señal de tensión.
4.58. Medidor de caudal de aire Karman Vortex de Mitsubishi.
4.59. Oscilograma del medidor de masa de aire Karman Vortex.
4.60. Sensor de presión absoluta de 3 cables con toma de vacío al colector.
4.61. Sensor de presión del colector de admisión en centralita.
4.62. Sensor de presión absoluta de 4 cables.
4.63. Esquema interno de un sensor de presión absoluta.
4.64. Conexiones externas y señal de un sensor de presión absoluta de tres cables.
4.65. Deformación sufrida por la membrana de un sensor de presión absoluta en función de la carga.
4.66. Método de comprobación del MAP.
4.67. Gráfica ejemplo de la tensión de un sensor MAP.
4.68. Comprobación de la tensión de alimentación.
4.69. Oscilograma de un sensor MAP de cuatro terminales.
4.70. Sensor hall y rueda generatriz de arranque rápido.
4.71. Sensores de fase de tipo hall y rueda generatriz de arranque rápido para motores con doble árbol de levas en cabeza.
4.72. Rueda generatriz de cinco dientes.
4.73. Sensores de barra hall diferenciales.
4.74. Ubicación y señal de transmisor de posición del acelerador de dos potenciómetros.
4.75. Esquema interno de transmisor de posición del acelerador.
4.76. Constitución del transmisor de posición del acelerador por bobinas.
4.77. Señal de transmisor de posición del acelerador por bobinas en diferentes posiciones de pedal.
4.78. Señales de mando de un transmisor de posición de acelerador por bobinas.
4.79. Situación de los sensores de picado en el bloque motor.
4.80. Curvas de regulación de la detonación.
4.81. Señal del sensor de picado con detonación.
4.82. Interruptor del pedal de freno.
4.83. Interruptor del pedal de embrague.
4.84. Inmovilizador electrónico.
4.85. Ubicación del borne +/DF del alternador.
4.86. Esquema de una línea CAN-Bus.
4.87. Manocontacto de la servodirección.
4.88. Ubicación del transmisor de velocidad de marcha.
4.89. Ejemplo de comunicación en la red.
4.90. Ejemplo de transmisión de datos entre una red no multiplexada y una multiplexada.
4.91. Cables trenzados de la red multiplexada.
4.92. Electroválvula de control de régimen mínimo.
4.93. Electroválvula de aire adicional de control de régimen mínimo.
4.94. Comprobación de la resistencia de una válvula de aire adicional de régimen mínimo.
4.95. Diferentes señales de mando de la válvula de control de ralentí.
4.96. Forma de actuar del motor paso a paso sobre el caudal de aire.
4.97. Motor paso a paso de tres bobinas.
4.98. Funcionamiento del motor paso a paso de tres bobinas. Ejecución de un paso.
4.99. Constitución interna del motor paso a paso.
4.100. Gráfica de pasos en función del caudal de aire.
4.101. Comprobación de la resistencia de las bobinas de un motor paso a paso.
4.102. Señal de mando de un motor paso a paso.
4.103. Mariposa electrónica.
4.104. Motor de la mariposa electrónica.
4.105. Esquema eléctrico de mariposa motorizada.
4.106. Sistema de distribución variable.
4.107. Esquema de funcionamiento del sistema de distribución variable.
4.108. Detalle de la electroválvula de un sistema de distribución variable.
4.109. Funcionamiento con el conducto corto y largo.
4.110. Interruptor de inercia.
4.111. Resumen esquemático de un sistema de inyección electrónica de última generación.
4.112. Esquema básico de una inyección monopunto.
4.113. Esquema de una instalación de sistema monopunto Mono- Motronic.
4.114. Detalle del cuerpo de inyección monopunto.
4.115. Circulación del aire y del combustible en el interior del cuerpo de inyección monopunto.
4.116. Electroinyector monopunto.
4.117. Señal de mando de un inyector monopunto.
4.118. Funcionamiento de un inyector síncrono (A) y asíncrono (B).
4.119. Regulador de presión de carburante de un sistema monopunto.
4.120. Esquema interno de un potenciómetro de mariposa de un sistema monopunto.
4.121. Gráfica de tensión de un potenciómetro doble para mariposa.
4.122. Señal de mando de un potenciómetro doble situado en la mariposa de gases.
4.123. Sensor de revoluciones y punto muerto superior.
4.124. Actuador de posicionamiento de la válvula de mariposa con sensor hall e interruptor del ralentí.
4.125. Estructura y funcionamiento del actuador de mariposa.
4.126. Señal de alimentación del actuador.
4.127. Modos operativos usados en función de la carga y régimen del motor.
4.128. Formación de la mezcla en el modo estratificado.
4.129. Formación de la mezcla en el modo homogéneo-pobre.
4.130. Formación de la mezcla en el método homogéneo.
4.131. Formación de la mezcla en modo de precalentamiento del catalizador (A) y plena carga (B).
4.132. Sistema eléctrico e hidráulico de la inyección directa de gasolina.
4.133. Comparación de los tipos de inyección.
4.134. Sección de la bomba de alta presión.
4.135. Sección de un elemento de bomba.
4.136. Carrera aspirante de un émbolo de la bomba de alta presión de inyección.
4.137. Carrera impelente de un émbolo de la bomba de alta presión de inyección.
4.138. Válvula reguladora de presión de combustible.
4.139. Ángulo de proyección de un inyector.
4.140. Detalle de un inyector electromagnético para inyección directa de gasolina.
4.141. Corriente de mando de los inyectores de inyección directa de gasolina.
4.142. Sensor de alta presión y tensión obtenida en función de la presión.
4.143. Gráfica de la señal del sensor de presión de combustible para inyección directa de gasolina.
4.144. Caudalímetro.
4.145. Malla de entrada del caudalímetro.
4.146. Comprobación de la tensión de alimentación.
4.147. Comprobación de la tensión de alimentación del sensor de temperatura del aire.
4.148. Comprobación de la tensión dinámica.

5 > Anticontaminación

5.1. Esquema de combustión perfecta.
5.2. Curvas de par motor y consumo específico en función del factor lambda.
5.3. Emisión de contaminantes en función de la riqueza de mezcla.
5.4. Componentes iniciales y finales de la combustión en el motor.
5.5. Partícula de monóxido de carbono.
5.6. Partícula de óxido nitroso.
5.7. Partícula de hidrocarburo.
5.8. Partícula de hollín.
5.9. Partícula de dióxido de azufre.
5.10. Partícula de dióxido de nitrógeno.
5.11. Partícula de oxígeno.
5.12. Partícula de agua.
5.13. Partícula de dióxido de carbono.
5.14. Partículas de plomo.
5.15. Sistema de medición en banco de pruebas.
5.16. Ciclos de conducción para obtener los niveles de contaminación.
5.17. Analizador de gases para motores de gasolina.
5.18. Procedimiento de control de opacidad.
5.19. Cámara de combustión compacta.
5.20. Posición para entrega de par.
5.21. Posición para entrega de potencia.
5.22. Esquema de un sistema EGR.
5.23. Electroválvula controladora de vacío.
5.24. Válvula EGR neumática.
5.25. Gráfico de señal RCO.
5.26. Comprobación de la estanqueidad de una válvula EGR neumática.
5.27. Electroválvula de recirculación de gases de escape.
5.28. Tensión en la válvula de salida del potenciómetro.
5.29. Oscilograma de la electroválvula.
5.30. Sistema de inyección de aire secundario.
5.31. Válvula electromagnética de aire secundario.
5.32. Válvula combinada.
5.33. Sondas lambda. Fuente NGK.
5.34. Funcionamiento de la sonda lambda y ventana lambda.
5.35. Sondas lambda antes y después del catalizador.
5.36. Sondas lambda en sistemas con catalizador de tres vías y con catalizador de NOx.
5.37. Sonda lambda de circonio.
5.38. Elemento sensor en tubo de escape.
5.39. Elemento de dióxido de circonio.
5.40. Señal de medición de cambios de voltaje.
5.41. Relación entre la mezcla y la tensión.
5.42. Sonda lambda de 4 cables. Fuente NGK.

5.43. Circuito regulación lambda de dos puntos. Mezcla pobre.
5.44. Señales de regulación lambda de dos puntos. Mezcla pobre.
5.45. Circuito regulación lambda de dos puntos. Mezcla rica.
5.46. Señales de regulación lambda de dos puntos. Mezcla rica.
5.47. Sonda lambda de titanio.
5.48. Principio de trabajo de la sonda lambda de titanio.
5.49. Curvas de resistencia en función de lambda.
5.50. Comprobación de la resistencia de calefacción de sonda lambda convencional.
5.51. Curva de intensidad de sonda de banda ancha.
5.52. Partes principales de sonda de banda ancha.
5.53. Curva característica de tensión-intensidad en sonda de banda ancha.
5.54. Generación de tensión entre electrodos.
5.55. Mantenimiento de la tensión constante.
5.56. Funcionamiento de la célula bomba.
5.57. Mantenimiento del valor lambda.
5.58. Relación entre consumo de la bomba y valor lambda.
5.59. Funcionamiento del sistema con mezcla pobre y rica.
5.60. Depósitos de plomo en la sonda lambda. Fuente NGK.
5.61. Depósitos de carbón en la sonda lambda. Fuente NGK.
5.62. Contaminación por aceite en la sonda lambda. Fuente NGK.
5.63. Variación de oxígeno a la entrada y a la salida del catalizador.
5.64. Voltaje de sonda lambda.
5.65. Prueba de regulación de la tensión lambda anterior al catalizador.
5.66. Catalizador.
5.67. Constitución del catalizador.
5.68. Depuración de gases mediante precatalizadores.
5.69. Componentes principales de la cámara del catalizador.
5.70. Catalizador metálico de substrato modular.
5.71. Reacción catalítica de oxidación en un motor diésel.
5.72. Reacción catalítica del catalizador de un motor de gasolina.
5.73. Depuración catalítica de un catalizador de tres vías.
5.74. Catalizador-acumulador de NOx.
5.75. Circuito de escape con acumulador de NOx y sonda lambda.
5.76. Diagnóstico del catalizador por medio de sonda lambda anterior y posterior.
5.77. Cánister.
5.78. Sistema de ventilación del depósito de combustible.
5.79. Válvula de sobrepresión y antivuelco en sistema de ventilación del depósito.
5.80. Depósito de combustible.
5.81. Sistema de ventilación del bloque.
5.82. Válvula de membrana.
5.83. Separador del aceite.
5.84. Filtro de partículas.
5.85. Regeneración forzada del filtro de partículas y componentes del sistema de filtrado de partículas.
5.86. Soporte filtrante del FAP.
5.87. Niveles de carga del FAP obtenidos por el sensor de presión diferencial.
5.88. Componentes del dispositivo de aditivación del carburante.
5.89. Filtro de partículas.
5.90. Testigo con fallos de combustión.
5.91. Testigo con superación de valores contaminantes.
5.92. Conector de diagnóstico.
5.93. Prueba y autoadaptación del desplazamiento de la curva de tensión por medio de la sonda anterior al catalizador.
5.94. Control de la regulación lambda a través de la sonda lambda posterior al catalizador y a través del sensor de velocidad del vehículo.
5.95. Vigilancia del sistema de aire secundario a través de la sonda lambda anterior al catalizador.
5.96. Vigilancia del circuito de desvaporización del depósito de combustible a través de la sonda lambda anterior al catalizador.
5.97. Valores de emisión de gases contaminantes.

6 > Sistemas de inyección diésel II: bomba lineal

6.1. Ciclo del motor diésel de cuatro tiempos.
6.2. Estructura del sistema de inyección diésel.
6.3. Cámara de inyección directa sin turbulencia.
6.4. Cámara de inyección directa con turbulencia.
6.5. Cámara de precombustión de inyección indirecta.
6.6. Cámara de turbulencia de inyección indirecta.
6.7. Filtro simple.
6.8. Filtro doble con filtrado en serie y con acumulador de agua.
6.9. Filtro simple con tapón de drenaje y bomba de cebado incorporada.
6.10. Filtro simple con acumulador de agua.
6.11. Esquema prefiltro.
6.12. Prefiltro con bomba de alimentación.
6.13. Filtro sedimentador sencillo.
6.14. Funcionamiento del filtro sedimentador con detector de agua.
6.15. Filtro desmontable con cartucho filtrante.
6.16. Cartucho de filtro de gasóleo de papel.
6.17. Filtro de combustible con sistema eléctrico de calentamiento.
6.18. Aspecto exterior y funcionamiento de un filtro con sistema de recalentamiento.
6.19. Conjunto portainyector e inyector.
6.20. Despiece de un portainyector e inyector.
6.21. Tobera.
6.22. Portainyector o portatoberas.
6.23. Tipos de toberas.
6.24. Distribución del combustible en un inyector de 5 orificios. Fuente BOSCH.
6.25. Sección de una tobera de orificios.
6.26. Sección de una tobera de orificios refrigerados.
6.27. Sección de una tobera de orificio ciego y de asiento.
6.28. Sección de una tobera de espiga o tetón.
6.29. Características de inyección de un inyector de espiga con estrangulación.
6.30. Inyector de tetón.
6.31. Aspecto exterior de un inyector de tipo lápiz.
6.32. Atomización de los inyectores.
6.33. Equipo de comprobación de inyectores.
6.34. Desmontaje tubería de alta presión.
6.35. Útil de desmontaje del portainyector.
6.36. Operación de desmontaje del inyector.
6.37. Desarmado portainyector.
6.38. Partes de un portainyector e inyector desmontado.
6.39. Operaciones de limpieza sobre un inyector.
6.40. Limpieza de orificios de la tobera.
6.41. Desplazamiento de la aguja sobre el cuerpo del inyector.
6.42. Control de chorro y pulverización de un inyector.
6.43. Calentador.
6.44. Ubicación del calentador en el motor diésel.
6.45. Calentador al rojo vivo.
6.46. Bujía de espiga incandescente.
6.47. Estructura de un calentador metálico autorregulado.
6.48. Estructura de un calentador cerámico autorregulado.
6.49. Principio de conmutación del sistema de precalentamiento.
6.50. Unidad de precalentamiento electrónica.
6.51. Relación entre la temperatura y tensión aplicada a los calentadores.
6.52. Relación tiempo-corriente de varios calentadores metálicos.
6.53. Termoconector para motores de inyección directa.
6.54. Esquema del dispositivo térmico de arranque.
6.55. Comprobación de la resistencia del calentador.
6.56. Funcionamiento correcto de un calentador con una prueba directa en la batería.
6.57. Comprobación de calentadores mediante lámpara de pruebas.
6.58. Cartucho filtrante de aire.
6.59. Filtro de aire bañado en aceite.
6.60. Tuberías de baja presión.
6.61. Tuberías de alta presión.
6.62. Aspecto interior de una bomba lineal.
6.63. Aspecto exterior de una bomba lineal.
6.64. Sistema de alimentación de una instalación con bomba lineal.
6.65. Ubicación de la bomba de combustible de diafragma en el motor.
6.66. Sección de bomba de combustible de diafragma.
6.67. Bomba de alimentación de émbolo.
6.68. Bombas de alimentación de combustible de simple y doble efecto.
6.69. Funcionamiento de la bomba de alimentación de simple efecto.
6.70. Fases de funcionamiento de la bomba de alimentación de doble efecto.
6.71. Sistema de alimentación diésel. Comprobaciones.
6.72. Pinzas de estrangulación.
6.73. Forma de obturar el conducto de alimentación de combustible.
6.74. Bomba lineal BOSCH.
6.75. Posiciones del elemento de bombeo.
6.76. Diferentes formas de la cabeza del pistón o émbolo.
6.77. Elemento de bombeo con rebaje en borde superior.
6.78. Fases de la dosificación de combustible.
6.79. Variación del caudal de inyección por medición de cremallera.
6.80. Funcionamiento para la dosificación de combustible.
6.81. Sección de la parte alta de una bomba de inyección.
6.82. Válvula de presión.
6.83. Válvula de presión.
6.84. Válvula de presión.
6.85. Elemento y cilindro de bomba.
6.86. Impulsores.
6.87. Árbol de levas.
6.88. Cremallera y casquillos reguladores.
6.89. Muelle y platillos de émbolo.

6.90. Carcasa de la bomba.
6.91. Muelles del regulador.
6.92. Conjunto completo de elementos de bomba.
6.93. Regulador centrífugo.
6.94. Regulador de velocidad centrífugo.
6.95. Esquema de funcionamiento del regulador centrífugo y detalle del sistema de mando.
6.96. Funcionamiento por acción del conductor.
6.97. Desplazamiento de las masas rotantes.
6.98. Funcionamiento por acción del regulador.
6.99. Regulador mecánico de todas las velocidades.
6.100. Esquema interno de tope fijo.
6.101. Esquema y funcionamiento de tope elástico.
6.102. Variador de avance de contrapesos.
6.103. Variador de avance de excéntrica.
6.104. Funcionamiento del variador de avance de excéntricas. α: ángulo de avance.
6.105. Alineamiento de marcas.
6.106. Racores cuello de cisne.
6.107. Componentes comprobación puesta a punto de motor diésel.
6.108. Detalle de ubicación del captador inductivo.
6.109. Banco de pruebas.
6.110. Montaje sobre la bomba del dispositivo de medida de la carrera previa del émbolo.
6.111. Regulación del recorrido del empujador.
6.112. Montaje del dispositivo de medición de recorrido de la cremallera.
6.113. Regulación del sector dentado para corrección de caudal.
6.114. Medición de combustible acumulado en probetas.
6.115. Comprobación del regulador.
6.116. Ubicación de los calentadores.
6.117. Comprobación de la resistencia.
6.118. Desmontaje del calentador.
6.119. Comprobación de resistencia con el calentador desmontado.
6.120. Calentador con excesiva resistencia.

7 > Sistemas de inyección diésel II: bomba rotativa

7.1. Bomba rotativa BOSCH VE.
7.2. Bomba rotativa Lucas DPC.
7.3. Esquema de una bomba de inyección BOSCH VE.
7.4. Componentes principales de la bomba rotativa BOSCH.
7.5. Bomba de aletas sobre eje de accionamiento.
7.6. Válvula de control de presión.
7.7. Estrangulador de rebose.
7.8. Conjunto sistema de alimentación.
7.9. Sección de la bomba de alimentación de aletas.
7.10. Esquema de la bomba de alimentación de aletas.
7.11. Despiece y montaje sobre bomba del conjunto de alta presión.
7.12. Émbolo distribuidor.
7.13. Plato de levas.
7.14. Posición del platillo de levas con émbolo distribuidor en su PMS.
7.15. Posición del platillo de levas con émbolo distribuidor en su PMI.
7.16. Corredera de regulación.
7.17. Ciclo de bombeo de la bomba rotativa BOSCH VE.
7.18. Detalle de la fase A y D sobre bomba.
7.19. Detalle de la fase B sobre bomba.
7.20. Válvula de impulsión.
7.21. Válvula de impulsión.
7.22. Cabeza distribuidora.
7.23. Sección de cabeza distribuidora.
7.24. Componentes del sistema regulador.
7.25. Despiece de los elementos principales del conjunto regulador.
7.26. Posiciones de arranque (A) y marcha a ralentí (B) de un regulador de máxima y mínima.
7.27. Posiciones de aceleración/carga parcial (A) y carga máxima/corte de combustible (B) de un regulador de máxima y mínima.
7.28. Esquema del regulador de todo régimen en posición de arranque (A) y ralentí (B).
7.29. Esquema del regulador de todo régimen con efectos de los cambios de velocidad.
7.30. Ubicación variador de avance.
7.31. Anillo portarrodillos.
7.32. Disposición del variador de avance en la bomba rotativa.
7.33. Funcionamiento del variador de avance.
7.34. Adaptación del caudal de inyección a la presión de carga.
7.35. Ubicación del sistema de adaptación de la presión de carga LDA.
7.36. Esquema del sistema de adaptación para plena carga en ralentí/carga parcial (A) y en plena carga (B).
7.37. Conjunto regulador para adaptación del comienzo de alimentación en función de la carga.
7.38. Posiciones del manguito regulador dotado de LFB.
7.39. Prueba de estanqueidad del sistema LDA.
7.40. Acelerador de arranque en frío: por control manual (A) y control automático (B).
7.41. Bomba rotativa con acelerador mecánico de arranque en frío con cápsula termostática.
7.42. Funcionamiento del acelerador mecánico de arranque en frío.
7.43. Bomba rotativa con elevación de ralentí en función de la temperatura.
7.44. Válvula electromagnética ELAB.
7.45. Dispositivo de parada eléctrico.
7.46. Ubicación del acelerador hidráulico de arranque en frío.
7.47. Acelerador hidráulico de arranque en frío.
7.48. Comprobación de la resistencia de una válvula electromagnética de paro.
7.49. Verificación de deslizamiento del émbolo distribuidor.
7.50. Verificación del anillo de levas.
7.51. Verificación de la palanca y corredera de regulación.
7.52. Reglaje del eje del regulador.
7.53. Equipo de medición de la carrera del variador de avance.
7.54. Reglaje de la presión de la bomba de alimentación.
7.55. Reglaje del caudal de plena carga con presión de carga.
7.56. Reglaje del tornillo tope-palanca para el control de caudal.
7.57. Montaje del reloj comparador sobre la bomba.
7.58. Giro de la bomba para conseguir el avance.
7.59. Esquema de una bomba rotativa de inyección Lucas DPC.
7.60. Circuito de combustible de una bomba Lucas DPC.
7.61. Lado aspiración bomba de transferencia.
7.62. Detalle y funcionamiento de una válvula reguladora de presión de transferencia.
7.63. Válvula de mantenimiento de presión.
7.64. Cabezal hidráulico.
7.65. Rotor distribuidor.
7.66. Válvulas dosificadoras.
7.67. Anillo de levas.
7.68. Generación de la alta presión.
7.69. Válvula de reaspiración.
7.70. Eje de transmisión con masas centrífugas.
7.71. Despiece y conjunto regulador de todas velocidades.
7.72. Funcionamiento del regulador centrífugo de todas velocidades con motor en arranque (A) y en ralentí (B).
7.73. Funcionamiento del regulador centrífugo de todas velocidades con marcha normal y paro del motor.
7.74. Variador automático de avance.
7.75. Posiciones de funcionamiento del variador de avance.
7.76. Detalle de las láminas de ajuste.
7.77. Válvula diferencial.
7.78. Funcionamiento del dispositivo de sobrecarga.
7.79. Ubicación del dispositivo de avance ligero.
7.80. Esquema de avance de carga ligera en ralentí.
7.81. Carga ligera en fase de plena carga.
7.82. Sobreavance electromagnético.
7.83. Corrector de sobrealimentación.
7.84. Funcionamiento del circuito interno de sobrealimentación de combustible.
7.85. Contactor de postcalentado.
7.86. Amortiguador de la palanca aceleradora.
7.87. Ubicación del dispositivo de parada en la cabeza hidráulica.
7.88. Sección de cabeza hidráulica con dispositivo de parada.
7.89. Reglaje de la presión de transferencia.
7.90. Reglaje de válvula diferencial de sobrecarga.
7.91. Ubicación del útil de ajuste del avance.
7.92. Comprobación de la presión interna de la bomba.
7.93. Ajuste del caudal máximo.
7.94. Control y ajuste del regulador. Antiparo.
7.95. Control y ajuste del regulador. Ralentí.
7.96. Control y ajuste del regulador. Corte de combustible.
7.97. Reglaje del corrector de sobrealimentación y caudal máximo.
7.98. Reglaje del avance de carga ligera.
7.99. Ubicación del anillo de sujeción interno.
7.100. Ubicación y detalle del reloj comparador sobre la bomba Lucas DPC con puesta a punto lateral.
7.101. Detalle de hundimiento de la varilla del reloj comparador sobre el rotor de la cabeza hidráulica.
7.102. Útiles para la puesta a punto superior de una bomba Lucas DPC.
7.103. Presentación de reloj comparador en la parte superior de la bomba rotativa Lucas DPC.
7.104. Detalle de la posición del pasador de calado en una bomba rotativa Lucas DPC.

7.105. Desmontaje del tapón obturador.
7.106. Montaje del reloj comparador sobre la bomba.
7.107. Ajuste de la chaveta con el cilindro número 1.

8 > Sistemas de regulación electrónica diésel

8.1. Sistemas de inyección. Fuente: BOSCH.
8.2. Representación esquemática de un sistema EDC con bomba rotativa BOSCH VE.
8.3. Bomba rotativa BOSCH VE con control electrónico.
8.4. Detalle de una bomba rotativa BOSCH VE con control electrónico.
8.5. Etapas de funcionamiento de un inyector bimuelle.
8.6. Ubicación del transmisor de inicio de inyección sobre el inyector.
8.7. Detalle del transmisor de inicio de inyección en el inyector.
8.8. Curvas del transmisor de inicio de inyección: señal típica, en ralentí y acelerando.
8.9. Transmisor de posición de la corredera de regulación. Señales de un transmisor de la corredera de regulación.
8.10. Señales del transmisor de la corredera de regulación con motor en ralentí y plena carga.
8.11. Transmisor de posición del pedal del acelerador (A) y señal del transmisor de posición.
8.12. Situación transmisor temperatura de combustible.
8.13. Señal del sensor de temperatura de combustible.
8.14. Elemento dosificador de combustible.
8.15. Diferentes posiciones de la corredera de regulación dependiendo del estado de funcionamiento del motor.
8.16. Señal del elemento dosificador.
8.17. Ubicación de la electroválvula de regulación de comienzo de la inyección.
8.18. Electroválvula para la regulación del comienzo de inyección.
8.19. Señal de la electroválvula para el comienzo de inyección.
8.20. Situación de la bujía de preincandescencia.
8.21. Ubicación de las bujías de calefacción adicional.
8.22. Símbolo del testigo de precalentamiento y avería.
8.23. Inyector-bomba electromagnético. Fuente BOSCH.
8.24. Representación esquemática de un sistema EDC con sistema inyector-bomba.
8.25. Estructura de un inyector-bomba.
8.26. Rápida subida de presión. Flanco ascendente.
8.27. Movimiento lento y uniforme. Flanco descendente.
8.28. Fases de funcionamiento del inyector-bomba.
8.29. Fases de funcionamiento del inyector-bomba.
8.30. Fases de funcionamiento del inyector-bomba.
8.31. Circuito de alimentación de combustible de baja presión.
8.32. Válvula de retención.
8.33. Ubicación de la bomba de combustible.
8.34. Componentes de una bomba de aletas.
8.35. Fases de funcionamiento de una bomba de combustible de aletas.
8.36. Canalizaciones de combustible en el interior del tubo distribuidor. Mezcla de combustible en el interior del tubo distribuidor.
8.37. Ubicación de la electroválvula.
8.38. Posiciones de la aguja del inyector-bomba en función de la intensidad recibida.
8.39. Corriente de activación de la electroválvula de un inyector-bomba.
8.40. Señal de un inyector-bomba a ralentí.
8.41. Gráficas de número de inyecciones y presión de las mismas.
8.42. Estructura de un inyector piezoeléctrico.
8.43. Variación de la longitud de un elemento piezoeléctrico.
8.44. Efecto piezoeléctrico sobre una estructura simplificada del cristal de un elemento piezoeléctrico.
8.45. Esquema de un actuador piezoeléctrico.
8.46. Transmisión en reposo y accionada.
8.47. Funcionamiento de la válvula de retención.
8.48. Fases de trabajo del émbolo de cierre.
8.49. Preinyección en el inyector-bomba piezoeléctrico.
8.50. Comienzo y fin de la inyección principal.
8.51. Comienzo y fin de la postinyección.
8.52. Bomba rotativa BOSCH VR de control electrónico.
8.53. Bomba de inyección de émbolos radiales.
8.54. Sección de una bomba de inyección de émbolos radiales.
8.55. Circuito de alimentación de combustible.
8.56. Parte de baja presión de la bomba rotativa de inyección.
8.57. Bomba de alimentación de aletas.
8.58. Válvula reguladora de presión.
8.59. Válvula estranguladora de rebose.
8.60. Parte de alta presión de la bomba rotativa de inyección.
8.61. Detalle de la bomba de alta presión.
8.62. Electroválvula de alta presión.
8.63. Bomba de alta presión.
8.64. Distribución del combustible en el cuerpo del distribuidor para motor de 6 cilindros.
8.65. Fases de funcionamiento del cuerpo distribuidor.
8.66. Válvula con estrangulador de retorno.
8.67. Elementos que intervienen en la variación del avance.
8.68. Sensor del ángulo de rotación.
8.69. Posiciones de funcionamiento del variador de avance con electroválvula.
8.70. Bomba de inyección rotativa VP de pistón axial.
8.71. Sistema de inyección common rail.
8.72. Bomba eléctrica de combustible
8.73. Estructura del filtro de combustible.
8.74. Posiciones que adopta la bilámina de la válvula termostática instalada en el filtro de carburante.
8.75. Calentador de carburante.
8.76. Aspecto bomba de alta presión.
8.77. Sección longitudinal y frontal de una bomba de alta presión.
8.78. Funcionamiento de la zona de baja presión en el interior de la bomba. Válvula de lubricación.
8.79. Funcionamiento de la zona de alta presión.
8.80. Regulador de alta presión.
8.81. Funcionamiento detallado del desactivador del tercer pistón.
8.82. Campos de funcionamiento del desactivador del tercer pistón.
8.83. Rail o acumulador de presión.
8.84. Sensor de presión del acumulador.
8.85. Tensión proporcionada por el sensor de presión según la presión de combustible y representación gráfica.
8.86. Señal de mando de un sensor de presión.
8.87. Válvula limitadora de presión.
8.88. Limitador de flujo.
8.89. Inyector electromagnético para common rail.
8.90. Fases de inyección y tipo de pulverización del inyector.
8.91. Desarrollo de la presión de combustión con y sin preinyección.
8.92. Inyector.
8.93. Inyector en posición cerrado y abierto.
8.94. Corriente de mando de las electroválvulas de un inyector electromagnético de un sistema common rail.
8.95. Montaje de la bomba de alta presión sobre banco de pruebas.
8.96. Despiece de una bomba de alta presión.
8.97. Circuito de combustible de common rail.
8.98. Sensor de presión.
8.99. Bomba de alta presión.

9 > Sistemas de sobrealimentación

9.1. Turbocompresor y compresor volumétrico.
9.2. Situación del turbocompresor en el motor.
9.3. Funcionamiento básico del turbocompresor.
9.4. Estructura del turbocompresor.
9.5. Circuito de engrase del turbocompresor.
9.6. Válvula *wastegate* sobre el turbocompresor.
9.7. Regulación de la presión de sobrealimentación de forma neumática.
9.8. Posiciones de la válvula *wastegate* en función de la presión de sobrealimentación.
9.9. Electroválvula de limitación de la presión de sobrealimentación.
9.10. Esquema interno de una electroválvula de control de presión.
9.11. Regulación de la presión de control.
9.12. Temperaturas que sufre un turbo.
9.13. Turbocompresor de geometría variable.
9.14. Funcionamiento de un turbo de geometría variable a bajas revoluciones.
9.15. Funcionamiento de un turbo de geometría variable a altas revoluciones.
9.16. Esquema de la regulación de sobrealimentación de un turbo de geometría variable.
9.17. Estados de funcionamiento de la electroválvula para regulación de la presión de sobrealimentación.
9.18. Estructura de un compresor *roots*.
9.19. Funcionamiento de un compresor de tipo *roots*.
9.20. Compresor *lysholm*.
9.21. Compresor de Tipo G.
9.22. Compresor comprex.
9.23. Sistema biturbo.
9.24. Fases de trabajo de un sistema biturbo. Presión media efectiva en función de las revoluciones del motor.
9.25. Señales de mando de una electroválvula de control de la presión de sobrealimentación de ralentí y acelerado.
9.26. Comprobación de los tubos flexibles de la electroválvula.
9.27. Comprobación de la resistencia de la electroválvula.
9.28. Oscilograma de señal de mando de la electroválvula de control de sobrealimentación.